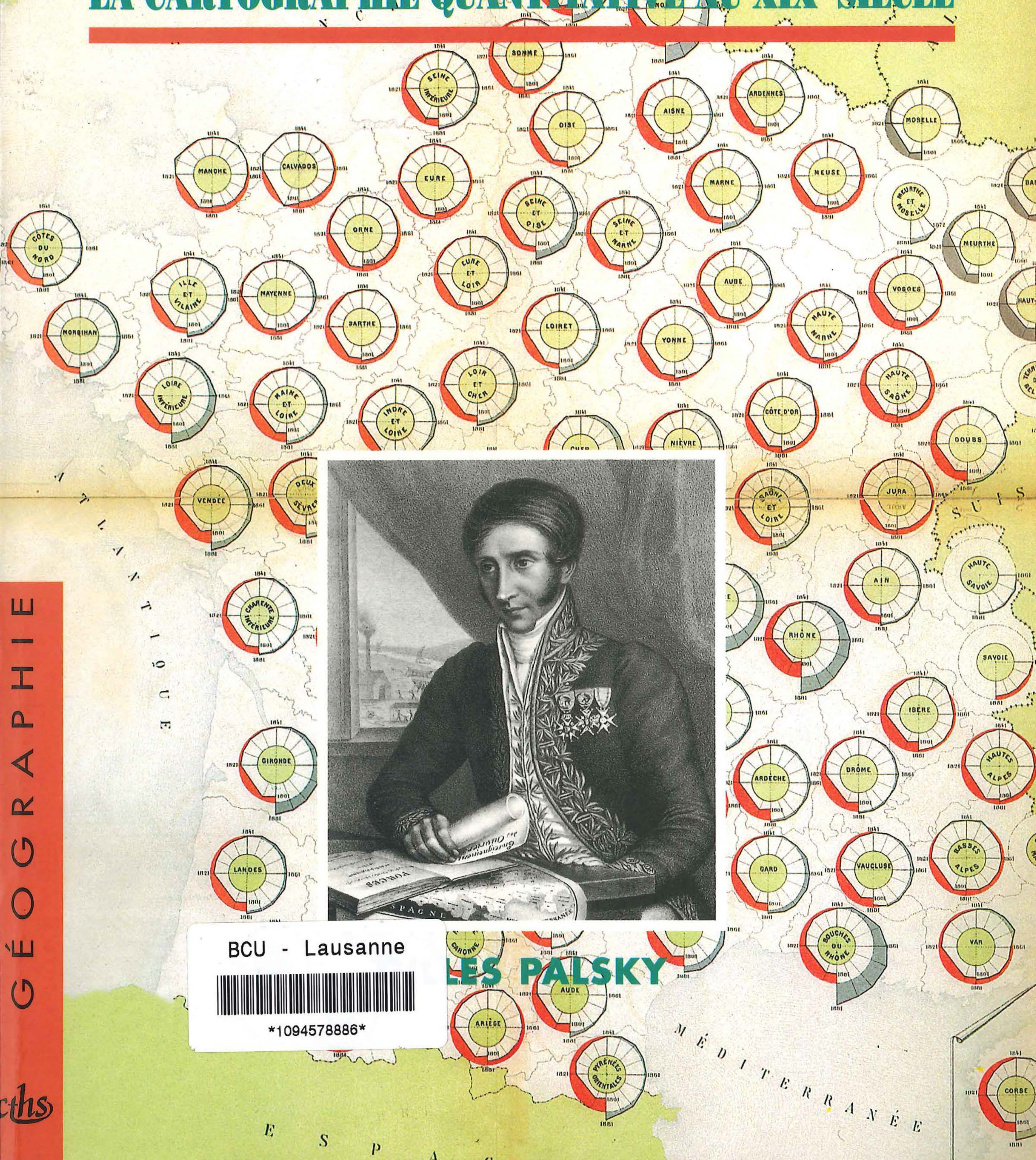
…VEMENT QUINQUENNAL

DES CHIFFRES ET DES CARTES

LA CARTOGRAPHIE QUANTITATIVE AU XIXe SIÈCLE



LES PALSKY

GÉOGRAPHIE

cths

Des chiffres et des cartes

Mémoire de la section de géographie physique et humaine
19

Responsable éditorial de la présente publication
Olivier Orain

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
Comité des travaux historiques et scientifiques

Gilles PALSKY

Des chiffres et des cartes

Naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIXe siècle

Paris

Palsky, Gilles
Des chiffres et des cartes : naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIX[e] siècle. – Paris : Comité des travaux historiques et scientifiques, 1996. – (Mémoires de la section de géographie ; 19)
ISBN 2-7355-0336-4

RAMEAU :	cartographie : France : histoire : XIX[e] siècle
	cartes : symboles
DEWEY : 910.1 :	Géographie et voyages. Philosophie et théorie de la géographie
	911 : Géographie historique
Public concerné :	Spécialiste du domaine. Universitaire

En couverture : *première de couverture, « Mouvement quinquennal de la population française »,* Album de statistique graphique *(dirigé par Émile Cheysson), 1884, planche 25 (cliché Bibliothèque nationale) ; en vignette, portrait du « Baron Dupin, Membre de l'Institut, Député du Tarn » (cliché Bibliothèque nationale) ; quatrième de couverture,* Tableau poléométrique *par Charles de Fourcroy, 1782 (cliché Bibliothèque nationale).*

Mise en page : Petits Papiers

ISBN 2-7355-0336-3

Préface

Gilles Palsky s'intéresse au langage graphique que la cartographie thématique a beaucoup enrichi et qui s'est progressivement codifié. L'histoire de ce type de communication visuelle est encore difficile à appréhender dans son ensemble car nous manquons d'études sérieuses et approfondies sur un sujet plus riche et plus complexe que nous ne pouvons l'imaginer. Le travail élaboré par Gilles Palsky permet de mieux comprendre le XIXe siècle français, une époque qui était restée en friche malgré quelques études rédigées sur la cartographie thématique, et l'œuvre du colonel Berthaut sur la carte de France, dite *Carte de l'État-Major*, qui date de la fin du siècle précédent. Un nouveau regard a été porté sur la cartographie française de 1660 à 1848 par Joseph Konvitz, mais ce chercheur américain semble avoir arrêté des travaux qui ne manquaient pas d'originalité.

Si nous remontons à la première période faste de la cartographie européenne, celle de la Renaissance, une évidence s'impose à nous : il est impossible de comprendre l'évolution de cette discipline sans évoquer la redécouverte des bases scientifiques de la cartographie grecque, sans comprendre comment la vue s'est imposée comme l'un des sens les plus performants, que l'Anglais Playfair allait encore qualifier en 1789 d'« actif et puissant », sans mesurer la portée de la diffusion des cartes par la gravure, donc sans pénétrer au cœur de l'histoire des sciences, de l'histoire des arts et de la culture, de l'histoire économique. Au cours des siècles suivants, la cartographie a pu acquérir une certaine autonomie, mais l'historien n'en doit pas moins élargir constamment son champ de recherche comme a su le faire Gilles Palsky.

Tout cartographe accomplit son œuvre pour atteindre l'objectif qu'il s'est fixé. La carte est un outil qui, en se multipliant, s'est diversifié. Elle s'est toujours efforcée d'être convaincante et elle a donc usé de toutes les resssources qui étaient à sa portée. Convaincante, elle devait l'être pour mieux remplir la mission qui lui était confiée. Les premières cartes thématiques du XIXe siècle sont ainsi « moins spectacles ou inventaires que moyens de persuasion ». Elles viennent à l'appui des arguments énoncés par les théoriciens des sciences humaines ou par les acteurs de la révolution industrielle. Elles servent à communiquer des résultats scientifiques de manière synthétique : « les images persuadent autant l'auteur que le lecteur ». Elles vont constituer une

« langue nouvelle qui donne aux chiffres la vie qui leur manque » (L. Vauthier, 1890).
Or, jusqu'au XVIIIe siècle, la fonction cartographique de localisation avait été prééminente comme le rappelle Gilles Palsky. C'est qu'histoire et géographie étaient étroitement liées. La carte situait les lieux des événements présents ou passés ; elle était ainsi *Théâtre du monde* ou *Théâtre de la guerre*, ou encore en 1822 *Carte du théâtre de l'épidémie*. Au XIXe siècle s'ouvrit une ère nouvelle : les cartes topographiques les plus détaillées – réservées durant le siècle précédent aux militaires qui prenaient les décisions majeures – furent désormais gravées et plus largement diffusées. C'est alors que le langage cartographique ou plutôt topographique fut codifié, ce qui allait rendre service au concepteur et à l'utilisateur du document cartographique. En même temps, le détail topographique devint tellement riche qu'il fallut faire des choix en privilégiant notamment sur la *Carte de l'État-Major* les objets utiles aux militaires. D'où la nécessité et l'intérêt d'élaborer des cartes spéciales qui permettaient d'introduire d'autres informations et d'alléger un fond topographique devenu trop chargé. En outre, les facilités offertes par la lithographie ouvrirent de nouvelles perspectives ; elles favorisèrent l'éclosion de nouveaux cartographes qui n'étaient pas des professionnels et qui trouvaient néanmoins des moyens d'expression mieux adaptés à leurs sujets d'étude. L'auteur de la première carte statistique moderne, le Français Charles Dupin, n'était pas lié, comme le remarque G. Palsky, aux milieux traditionnels de la cartographie ou de la géographie. Toutefois les premiers développements de la cartographie statistique ne se firent pas sans la participation des ingénieurs des Ponts et Chaussées chargés d'implanter les premières lignes de chemin de fer, des ingénieurs qui avaient acquis au XVIIIe siècle la maîtrise de l'outil cartographique nécessaire à l'amélioration des routes et à la création de nouveaux canaux. Au siècle suivant, les cartes de l'ingénieur Charles Minard firent « apprécier immédiatement par l'œil, autant que possible, les proportions des résultats numériques » ; de telles cartes, à la fois « figuratives et approximatives », « parlaient » et « calculaient », et pouvaient même combiner les flux dans l'espace et les variations dans le temps. Toutefois, la cartographie statistique ne pouvait s'imposer comme discipline scientifique sans une formation sérieuse des auteurs au maniement des nombres et sans l'adoption de méthodes graphiques rigoureuses.
En France, cartographie et pouvoir ont été longtemps indissociables. Cela explique la faveur dont a longtemps bénéficié la cartographie administrative, alors même que les limites des divers types de circonscriptions ne pouvaient être figurées avec la précision nécessaire. La *Carte de Cassini*, réalisée dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle, aurait permis de tracer les limites d'Ancien Régime avec l'exactitude requise. En fait, elle allait être utilisée pour l'établissement d'un nouveau type de divisions, celui des départements, qui servit de cadre à la plupart des études statistiques menées durant le XIXe siècle. En 1900, le géographe Jean Brunhes proposa de remplacer, pour les densités de population, la structure départementale par le tracé de régions naturelles, « vraies unités géographiques ».

Comme le montre fort bien Gilles Palsky, la connaissance quantifiable des ressources de la France ne s'est guère développée avant le XIX[e] siècle, même si au siècle précédent plusieurs expériences avaient été tentées pour mieux connaître la « situation des peuples » et pour « augmenter les revenus du roi ». La Révolution et l'Empire relancèrent ces expériences. En effet, le régime représentatif nécessitait une statistique des citoyens actifs et l'on ne pouvait rendre l'impôt plus équitable et plus productif sans que l'État disposât d'informations précises sur les ressources économiques. La cartographie statistique ne manqua pas de séduire les administrations concernées. Napoléon III lui-même appréciait les cartes de Minard. Dans la deuxième moitié du XIX[e] siècle, à la suite de la Monarchie de Juillet qui fut à l'origine d'une « véritable inflation de statistiques » à la fois figuratives et numériques, allait fleurir « l'âge de l'enthousiasme pour les graphiques ». Les statistiques donnèrent lieu à d'intéressantes expériences que vivifia l'esprit de compétition né des expositions universelles. Or, c'est à la fin du siècle seulement que les géographes semblèrent enfin admettre l'utilité de la statistique graphique, mais ils ne manquèrent pas d'affirmer, à cette occasion, la nécessité d'une localisation précise pour une cartographie dont ils s'étaient jusqu'alors tenus éloignés. Il y eut, en fait, un décalage chronologique important entre la mise en place des services chargés des statistiques de la France et l'utilisation d'un langage graphique classifié et codifiable, lié à la représentation d'un espace où pouvaient être exprimées la position, la surface et la distance. C'est l'élaboration de ce langage qui est au cœur de la réflexion menée par Gilles Palsky.

Monique PELLETIER
Directeur du département des Cartes et plans
de la Bibliothèque nationale de France

Un homme fait le projet de dessiner le Monde. Les années passent : il peuple une surface d'images de provinces, de royaumes, de montagnes, de golfes, de navires, d'îles, de poissons, de maisons, d'instruments, d'astres, de gens. Peu avant sa mort, il s'aperçoit que ce patient labyrinthe de formes n'est rien d'autre que son portrait[1].

J.-L. BORGES

1. *J.L. Borges, épilogue à* El Hacedor, *Buenos-Aires, 1960. Éd. française :* L'auteur et autres textes, *Paris, 1982, p. 215.*

Introduction

Les cartes quantitatives, ou statistiques, sont aujourd'hui des représentations familières, et bien que leur lecture ne puisse être immédiate sans quelque apprentissage, elles apparaissent comme un important moyen de diffusion d'informations chiffrées, bien au delà des cercles spécialisés de géographes ou de cartographes.

Plusieurs méthodes graphiques de base, telles que les représentations par paliers de valeur croissante ou par figures géométriques proportionnelles, sont entrées dans le langage courant des concepteurs et des utilisateurs de cartes. La presse en use régulièrement, par exemple à l'appui d'analyses économiques ou électorales. Les développements de la cartographie automatique en témoignent encore : actuellement, plusieurs logiciels offrent de vastes possibilités dans le domaine du traitement des données statistiques et de leur figuration graphique.

Les cartes quantitatives traduisent par définition « les valeurs de phénomènes quantifiables [2] » et se rattachent au groupe des cartes thématiques [3]. Cette catégorie, dite également des « cartes spéciales » ou « appliquées », est distinguée dans les classifications usuelles de celle des cartes topographiques. Ainsi selon Cuénin « tous les auteurs sont d'accord pour considérer deux classes principales : les cartes topographiques sur lesquelles figurent essentiellement les résultats des observations concernant la position planimétrique et altimétrique, la forme, les dimensions et l'identification des phénomènes concrets, fixes et durables existant à la surface du sol. Les cartes thématiques, qui représentent sur fond repère généralement topographique, des phénomènes qualitatifs ou quantitatifs, concrets ou abstraits, circonscrits et limités par le choix d'un thème et d'un sujet particulier. [4] »

La représentation de la surface terrestre, bien qu'il s'agisse d'un objet mesurable et « quantifiable », relève donc conventionnellement de la cartographie topographique. Aussi, l'expression des distances, surfaces et altitudes ne sera pas abordée ici, non plus que les opérations mathématiques intervenant dans

2. *Comité Français de Cartographie, 1990, p. 12.*

3. *L'adjectif « thématique » est d'usage récent. Il apparaît au début des années 1950 en Allemagne sous la plume de Nikolaus Creutzburg (voir E. Arnberger, 1966, p. 5 et E. Clutton, 1983, p. 42). Il ne se diffuse largement en France qu'au cours des années 1960.*

4. *R. Cuénin, 1972, p. 20. Cette distinction courante en cartographie théorique n'est cependant pas dénuée d'équivoque. Quelques auteurs jugent la césure plus commode que rationnelle, et signalent l'absence de critère distinctif clair, rigoureux et unanimement reconnu entre les deux groupes de représentations. Voir sur ce point : Witt, 1967, p. 16 ; Imhof, 1972, p. 13 ; Joly, 1976, p. 31.*

la construction des fonds topographiques : systèmes de projection, détermination du réseau géodésique, topométrie, etc. L'analyse portera principalement sur les cartes exprimant des informations de nature démographique, sociologique, économique. Les chiffres que nous évoquons en titre renvoient donc à la quantité en sciences de l'homme.

Bien qu'associée à la communication moderne, la carte quantitative est justiciable d'une étude historique. Ce livre se propose de replacer les représentations statistiques dans le cadre du XIXe siècle intellectuel, scientifique et technique, et de corriger ainsi un fâcheux déséquilibre des recherches : les cartes thématiques sont en effet « le type de cartes le plus négligé en histoire de la cartographie [5] ». Encore les principaux travaux sur le sujet sont-ils anglo-saxons. L'histoire de l'expression graphique des quantités, par cartes ou diagrammes, est le thème d'un article classique de H.G. Funkhouser remontant à 1937. Les débuts de la cartographie thématique ont fait l'objet d'une seule synthèse récente, celle de A.H. Robinson, en 1982. Il s'y ajoute un petit nombre d'études ponctuelles, parmi lesquelles, en France, celles du père de Dainville, et des développements limités dans les histoires générales de la cartographie.

5. *N.J. Thrower, 1972, p. 64.*

M. Blakemore et J.B. Harley expliquent ce relatif manque d'intérêt en constatant que l'histoire traditionnelle de la cartographie s'est construite autour d'un certain nombre de paradigmes, dont celui du « *old is beautiful* [6] ». La cartographie thématique, essentiellement développée au XIXe siècle, ne serait pas assez ancienne pour susciter l'intérêt des historiens, et ne se verrait accorder que peu d'originalité et de qualités esthétiques. Les recherches concerneraient donc principalement des œuvres antérieures à 1800, jugées plus attrayantes. L'histoire de la cartographie apparaît « prématurément tronquée [7] ».

6. *M. Blakemore & J.B. Harley, 1980, p. 24.*

7. Ibid.

En France, on peut effectivement noter cette disproportion des travaux historiques en faveur de l'âge d'or de notre cartographie nationale, les XVIIe et XVIIIe siècles, de Nicolas Sanson à la dynastie des Cassini. Il est vrai qu'au XIXe siècle, la carte abandonne ses fonctions d'apparat et de décoration. Son graphisme s'épure, les symboles figuratifs ou les vestiges de la perspective cavalière disparaissent avec les ornementations des cartouches et des légendes. L'idéal classique du « Bel et Utile » se réduirait-il à son seul second terme ? La question de l'harmonie des dispositifs visuels de la carte est à vrai dire très subjective. Remarquons seulement que la cartographie conserve, dans ses formes les plus modernes, tout son pouvoir de fascination. Un graphisme plus dépouillé ne retire rien à ces « merveilleuses propriétés de la carte [8] » : la richesse et l'étrangeté de cette vision zénithale et synoptique qu'elle procure.

8. *P. Pinchemel, 1988, p. 9.*

La cartographie quantitative du XIXe siècle est certes proche des représentations contemporaines, mais il est d'autant plus nécessaire d'en mesurer toute l'originalité par rapport à la cartographie classique. Elle introduit, nous le verrons, une dimension nouvelle dans la perception de l'espace. Elle rompt avec le schème commun aux formes d'expression cartographique développées depuis la Renaissance et la redécouverte de Ptolémée jusqu'au XVIIIe

siècle. Cela seul justifierait cette recherche, au-delà de tout présupposé esthétique.

Il faut sans doute ajouter, au paradigme dénoncé par Blakemore et Harley, des difficultés d'ordre méthodologique. La cartographie classique est le langage de la seule géographie, discipline établie, considérée comme une science. Elle peut ainsi faire l'objet d'un discours historique continu et cohérent. Au XIX[e] siècle, la cartographie éclate. La topographie devient une affaire de techniciens, géodésistes et ingénieurs-géographes. Dans le même temps, des cartes spéciales expriment les préoccupations de disciplines diverses. Ainsi la statistique intervient dans plusieurs champs du savoir, et il en va de même pour la cartographie thématique quantitative. Dès lors, l'historien doit maîtriser cette diversité, à laquelle correspond une grande dispersion des sources.

À la suite de trop rares auteurs, nous souhaitons renouveler le regard historique sur la carte. Celle-ci est en effet trop souvent assimilée à une source ordinaire, à « un dépôt d'information[9] », et rarement étudiée pour elle-même. Elle est requise par la géographie historique, par l'histoire des voyages et des découvertes, et son analyse est fréquemment réduite à une critique positiviste. Cet accent mis sur le « message objectif » de la carte, c'est-à-dire l'information et son exactitude, nourrit une conception darwinienne de l'histoire de la cartographie[10]. Les cartes ne seraient que les enregistrements successifs des progrès de la géographie. Selon le schéma évolutionniste, la cartographie se serait améliorée, depuis les cartes primitives jusqu'aux représentations modernes, pour aboutir à notre propre culture cartographique, la plus avancée[11]. De cette idée dérivent des commentaires et jugements de valeur surprenants à propos des cartes anciennes[12]. Ici, l'information sera évoquée pour sa place dans le processus de communication, mais non critiquée selon sa justesse. Nous nous rangeons à l'opinion de J. Konvitz selon laquelle « par l'étude des cartes, l'historien apprend autre chose qu'une poignée de faits utiles à un article ou à un livre[13] ». Les cartes quantitatives, considérées comme sources historiques, ne présenteraient d'ailleurs qu'un médiocre intérêt. Au mieux pourraient-elles apparaître comme d'inutiles doublons des tableaux numériques. Plus souvent, leur précision est bien inférieure à celle des données statistiques qui servent à les construire. Aussi le projet de ce livre est-il de les regarder avant tout comme des moyens de communication. La carte est d'abord un langage graphique. Il faut appliquer à l'histoire de la cartographie cette notion désormais fondamentale en théorie cartographique, et donc analyser les « unités discrètes » de la carte, les signes graphiques et le code qu'ils constituent. Privilégier le point de vue sémiologique, c'est bien rendre à la carte sa véritable dimension d'objet historique autonome. C'est aussi affirmer que la carte se déchiffre, comme la parole dite ou écrite. Son sens ne peut être saisi de manière intuitive et immédiate. Le système de signes sera donc au cœur de la problématique. Comment s'est construit le code de la cartographie quantitative, exceptionnel mode d'expression, si l'on songe à sa pérennité ? Quelles ont été les principales innovations et comment se sont-elles transmises, d'une science ou

9. *M. Blakemore & J.B. Harley, 1980, p. 1.*

10. *Sur ce développement, voir Blakemore et Harley, qui définissent cet autre paradigme.* (Ibid., *pp. 17-22)*

11. *Entreprendre une histoire des sciences du seul point de vue de la vérité, en départageant le bon et le mauvais à la lumière de l'état actuel des connaissances, est une démarche que G. Gusdorf dénonçait dès les années 1960 : « l'historiographie scientifique n'a pas pour tâche principale d'établir la fiche d'identité des vérités acquises. Elle doit surtout décrire la progression complexe de la conscience épistémologique, elle-même liée au mouvement général de la culture, avec ses détours, ses retours et ses vicissitudes » (G. Gusdorf, 1966, p. 165). Cette idée est appliquée assez tardivement à l'histoire de la cartographie. Le renouvellement de l'étude des cartes anciennes se manifeste clairement en France avec l'ouvrage de 1980,* Cartes et figures de la terre, *publié à l'occasion d'une exposition au Centre Pompidou. Sur les nouveaux concepts de l'histoire de la cartographie, voir Blakemore et Harley, 1980, l'introduction de J.B. Harley à la monumentale* History of Cartography *entreprise sous sa direction et celle de D. Woodward (1987, vol. 1, p. 1-42), ainsi que J.B. Harley, 1987-1988.*

12. *Blakemore et Harley (1980, p. 22) citent cette phrase de V. Galbraith (1964) : « Les premières cartes détaillées de l'Angleterre, qui datent du XIII[e] siècle, sont toutes déformées ». En France, G. Alinhac juge la cartographie médiévale naïve et fantaisiste, témoignant « d'une profonde ignorance et même d'une complète indifférence aux données les plus élémentaires de la science ».* Cf. *G. Alinhac,* Historique de la cartographie, *1964, p. 26.*

13. *J. Konvitz, 1980, p. 314.*

d'une génération à l'autre ? Comment juger enfin de l'efficacité visuelle des procédés graphiques mis en œuvre ?

Mais l'analyse d'un langage renvoie encore à celui ou à ceux qui le parlent. La carte est plus qu'une nomenclature complétée au gré des explorations ou des progrès scientifiques. Elle délivre, selon les époques, différents messages subjectifs dont le déchiffrement a été négligé au profit d'autres représentations, artistiques notamment. L'espace et les phénomènes qui s'y tiennent ne constituent pas un donné absolu, un « spectacle » perceptible spontanément. La carte participe des choix du cartographe, de son interprétation du monde[14]. Elle porte témoignage d'une organisation des connaissances, elle est, selon l'expression de J. Konvitz, « métaphore culturelle[15] ». Aussi nous interrogerons-nous sur les nouvelles utilités ou curiosités scientifiques qui conduisent à la révision du code cartographique, à la naissance et à la diffusion des cartes quantitatives.

Cette évolution est représentative, on peut le penser, de l'élaboration d'un « style thématique ». En l'analysant, nous voudrions contribuer à la détermination de l'un de ces « grands types de cartes » dont parle R. Caron : « Dans l'histoire des sociétés, il n'y a pas eu beaucoup de grands types de cartes. C'est qu'une carte ne naît que d'un bouleversement profond de la vision du monde. Puis elle la fige et l'impose pour longtemps[16]. »

Plusieurs auteurs ont fait allusion à ce passage d'un type à un autre, sans toujours s'accorder sur la chronologie. Parmi eux, A. H. Robinson et B. Petchenik notent l'émergence, avec les cartes du magnétisme d'Edmund Halley, à la fin du XVIIe siècle, d'une classe de représentations dont l'originalité est ainsi décrite : « Ces cartes n'étaient pas du tout comme les cartes générales. À l'inverse, chacune d'entre elles traitait essentiellement d'une seule sorte d'information, en portant l'attention sur ses variations spatiales plutôt que sur des localisations particulières[17]. » F. Joly individualise quant à lui une « période contemporaine de la cartographie qui commence avec les grandes réalisations du XIXe siècle (...) caractérisée par la divergence progressive des deux voies qu'on a vu se dessiner au cours des XVIIe et XVIIIe siècles : la voie de la cartographie topographique et celle de la cartographie thématique[18]. » Enfin J. Bertin parle d'un premier stade, ou premier âge de la cartographie, celui de la topographie, où se posent seuls les problèmes d'exactitude dans la description de la surface terrestre, puis d'une phase moderne marquée par « l'accroissement vertigineux des indicateurs scientifiques[19] », qui ouvre le champ des représentations.

L'apparition des cartes dites spéciales, ou thématiques, est donc bien perçue comme participant d'un renouvellement fondamental de la cartographie. En fixer le point de départ historique n'est pas une chose aisée. La recherche des précurseurs est souvent en histoire une quête sans fin. Remarquons simplement que le phénomène n'est pas soudain : les cartes thématiques ne se substituent pas, mais s'ajoutent aux représentations générales. Ce n'est que très progressivement que s'applique à la cartographie la somme des connaissances acquises en sciences de la nature et de l'homme et que sont employées des formules graphiques inédites. Le système de signes se trans-

14. *R. Caron, 1980, p. 9.*

15. *J. Konvitz, 1980, p. 314.*

16. *R. Caron, 1980, p. 10.*

17. *A.H. Robinson & B. Petchenik, 1976, p. 117. Voir également Thrower, 1969.*

18. *F. Joly, 1976, p. 31.*

19. *J. Bertin, 1972, p. 3.*

forme par degrés, les réflexes de perception acquis ne se modifient pas facilement.

Par ailleurs, une innovation concrète dans le code cartographique a pu être préparée « dans l'esprit ». Ainsi H. Castner, à propos de certaines cartes russes du XVIIIe siècle portant des indications économiques, préfère distinguer antérieurement aux cartes thématiques un groupe de représentations qui les préfigurent et qu'il qualifie de « special purpose maps[20] ». Ces cartes, « para-thématiques » pourrait-on dire, empruntent certains traits aux descriptions topographiques classiques, tout en s'essayant à la traduction de nouveaux phénomènes. On le voit, la stricte séparation des images cartographiques en deux groupes, apparent objet de consensus théorique, n'est pas historiquement si nette. Il faut encore tenir compte de ce groupe mixte ou intermédiaire[21].

20. *H. Castner, 1980, p. 163-175.*

21. *E. Imhof, 1972, p. 13.*

Pour ces raisons, nous avons tenu à mettre en évidence, au début de ce livre, les éléments nouveaux qui s'observent aux XVIIe et XVIIIe siècles, dans le principe des représentations ou le système graphique, avant même que ne se manifeste un souci quantitatif en cartographie. Les questions essentielles sont les suivantes : comment et pourquoi, d'une cartographie compréhensive, figurant ensemble les différents objets de la topographie, en est-on venu à une cartographie mettant l'accent sur des distributions particulières ? À quelles données spatiales s'applique alors cette dernière ?

Nous pourrons montrer ensuite comment se développe l'intérêt pour la statistique et comment l'enrichissement des sources, particulièrement remarquable au début du XIXe siècle (« il pleut des statistiques[22] » selon M. Perrot) se traduit par un essor parallèle des représentations graphiques. L'un des premiers courants de la statistique, celui de l'arithmétique politique anglaise, donne lieu aux premières figurations par courbes et diagrammes. C'est une « arithmétique linéaire », qui ouvre la voie aux cartes quantitatives. Celles-ci apparaissent dans la première moitié du XIXe siècle, accompagnant des études du domaine de la statistique sociale, médicale, ou de l'économie politique. Après 1840, l'apport des ingénieurs des ponts et chaussées est déterminant dans la construction du nouveau code. Une figure domine la période, sinon le siècle : celle de Charles-Joseph Minard, qui popularise la méthode de la carte de flux, et multiplie les solutions graphiques originales.

22. *M. Perrot, 1987, p. 125.*

La fin du siècle sera abordée suivant deux thèmes principaux : le foisonnement des cartes statistiques succédant à la période pionnière, et particulièrement l'impulsion donnée aux publications par les grandes administrations, puis la redécouverte, par une géographie au contenu renouvelé, d'un mode d'expression qui lui avait un temps échappé.

La représentation des données de la géographie naturelle ne sera pas étudiée pour elle-même. Nous l'évoquerons cependant dans la mesure où certaines cartes (par exemple du magnétisme, ou des températures), s'appuyant sur un langage quantitatif, ont contribué à l'élaboration du code envisagé ici. Par ailleurs, si ce livre porte essentiellement sur des travaux cartographiques français, il a souvent paru utile de dépasser les frontières nationales et de mentionner des cartes élaborées dans les pays voisins, notamment en Alle-

magne et en Angleterre, soit en raison d'influences très directes, soit pour compléter le cadre chronologique général des innovations graphiques. Il semble en effet difficile de comprendre l'évolution des isolignes sans tenir compte de leurs applications, par Halley ou Alexandre von Humboldt, de décrire la cartographie des flux sans signaler l'antériorité des cartes de l'ingénieur britannique Henry Harness, etc.

B. Lécuyer écrit qu'au XIXe siècle, la statistique était « la passion commune d'une véritable « internationale » de spécialistes[23] ». Cette remarque conserve tout son sens, appliquée à la cartographie statistique. À la fin du siècle, c'est cette internationale qui entreprend la première réflexion sémiologique sur les représentations statistiques, diagrammes et cartes, et qui esquisse une véritable grammaire des signes. Cette question fera l'objet de notre dernier chapitre. Le point de vue sur la carte en tant que langage, adopté ici, se profilait dans les débats des statisticiens du siècle dernier. Au terme de l'histoire du système graphique conduite dans ce livre, nous rencontrerons donc l'histoire même de l'analyse sémiologique.

23. *B.-P. Lécuyer, 1987, p. 454.*

CHAPITRE I

Des cartes générales aux cartes spéciales

La divergence des voies

Les limites du modèle descriptif

En 1802, à l'initiative du maréchal Berthier, ministre de la guerre, une commission se réunit pour rédiger une instruction générale destinée aux ingénieurs-géographes militaires, en vue de « donner à la topographie des signes conventionnels, un langage uniforme et commun, dégagé de l'arbitraire qui jusqu'ici troublait ses notations[1] ». Le XIXe siècle s'ouvre ainsi sur un événement dont il faut souligner le caractère symbolique : la cartographie est assujettie à un modèle, celui de la description géométrique.

1. *France. Dépôt Général de la Guerre, Brumaire An XI, p. 187.*

La Commission topographique et militaire, que préside le général Sanson, directeur du Dépôt de la guerre, préconise l'usage exclusif d'échelles métriques, fixe les règles de représentation du relief, et surtout rejette tout recours à la perspective cavalière. Un tableau d'écritures standardisées est dessiné par l'ingénieur géographe Jacotin, et Bacler d'Albe présente des modèles de signes conventionnels. La commission de 1802 adopte ces derniers, constatant avec satisfaction que l'auteur a évité « les élévations de toute espèce[2] » et que « dans les signes dont la grandeur ou la forme n'étaient pas nécessairement arbitraire, on s'est conformé, autant qu'il était possible, à l'échelle et aux lois des projections, en représentant les objets de même nature par la trace d'un objet régulier choisi dans la même catégorie, et, autant que possible, d'une surface proportionnée[3] ».

2. *France. Dépôt Général de la Guerre, Fructidor An XI, p. 48.*

3. Ibid., *p. 49.*

Les directives de la commission de 1802 ne seront suivies que très progressivement. Elles marquent cependant le début d'« une nouvelle époque pour la cartographie[4] ». Cette entreprise de réforme profonde semble placer ce siècle qui commence sous l'emblème de la topographie : sous l'impulsion de ses utilisateurs militaires, le langage topographique trouve une cohérence et une efficacité qui laissent présager de la grande entreprise de la carte d'État-

4. *F. de Dainville, 1964, p. XI.*

Major. Celle-ci est conçue, entre 1818 et 1880, selon des principes et des conventions qui s'inspirent directement de ceux édictés en 1802.

Pourtant, si achevée soit-elle, une carte topographique ne peut tout dire. Fait significatif, la Commission de Topographie de 1828, chargée d'adopter les signes conventionnels de la carte d'État-Major, élimine l'essentiel des signes relatifs aux mines et carrières, à la minéralogie et à la géologie, qui avaient été proposés en 1802. On ne peut attendre d'une carte topographique qu'elle soit encore géologique. Seule une carte spéciale permettrait d'exprimer correctement la nature du sous-sol. L'établissement de strictes limites à l'inventaire proposé par la carte générale correspond à l'affirmation claire et concrète de la séparation entre voie topographique et approche thématique. C'est une autre transformation fondamentale de la cartographie du XIXe siècle : il est acquis que les cartes générales et topographiques ne peuvent répondre à toutes les curiosités, sinon au préjudice de l'efficacité de la communication. De cela, certains cartographes ont pris conscience très tôt, dès le XVIIe siècle.

Quelle que soit l'importance des travaux précurseurs que nous allons étudier, il ne faut pas s'y méprendre : le propos essentiel de la cartographie des XVIIe et XVIIIe siècles reste la représentation générale, topographique ou hydrographique. Se démarquant progressivement des cartographes flamands, les Français proposent des images plus sobres et s'appuyant davantage sur une analyse critique des sources. L'évolution de la cartographie européenne semble alors déterminée par les œuvres françaises, éxécutées par les « géographes du Roy », Nicolas Sanson, puis Alexis-Hubert Jaillot, Guillaume Delisle, Jean-Baptiste Bourguignon d'Anville... L'influence réformatrice la plus nette est ressentie dans le domaine de la cartographie de détail, grâce à l'action de l'Académie des sciences, fondée en 1666, et aux levés du royaume conduits sous la direction de Cassini de Thury à partir de 1748. La recherche de la plus grande exactitude, par la précision des mesures et le réalisme des représentations, constitue alors le principal projet cartographique. Il s'agit d'offrir une description minutieuse des territoires, fondée sur un nombre toujours plus grand de déterminations astronomiques, dans le cadre de cette « géographie de position[5] » qui s'épanouit au XVIIIe siècle.

5. *N. Broc, 1975, p.10.*

Cette description mêle la connaissance et le symbole. Elle doit répondre pour partie aux curiosités de l'honnête homme. Elle est un savoir pour le savoir. Mais la carte dit encore la limite, la propriété, l'autorité. Les cartes, comme en témoignent fréquemment leurs adresses, renvoient à un pouvoir l'image de l'étendue de sa souveraineté, consacrent une domination réelle ou potentielle. La boutade prêtée par Fontenelle à Louis XIV, sur les pertes territoriales que lui occasionne le gain de précision de la carte de l'Académie, le signale indirectement. Toutefois, la fonction utilitaire de la carte s'affirme à l'époque moderne. Il lui est demandé de répondre aux besoins exprimés de plus en plus nettement par des « acteurs » de l'espace, voyageurs et commerçants, administrateurs ou militaires. La carte instrument doit remplacer la carte spectacle. Cette nécessité s'exprime au plus haut niveau, celui de l'É-

tat français, qui donne l'impulsion au projet de carte détaillée du royaume et poursuit par l'intermédiaire d'« une constellation de fonctions et d'institutions mouvantes[6] » plusieurs entreprises cartographiques autonomes et parfois concurrentes. La quête de la précision topographique est telle que sitôt terminés, les levés successifs de la carte de France sont dépassés, disqualifiés. Tandis que s'achève en 1744 la publication de la première carte de Cassini, Louis XV, à la vue d'une carte des Flandres que lui présente Cassini de Thury en 1747, réclame à ce dernier une nouvelle carte du royaume d'un niveau de détail équivalent. Celle-ci n'est pas achevée (sa publication s'échelonne entre 1750 et 1815) qu'au nom de préoccupations fiscales ou militaires, on critique ses erreurs géodésiques, son échelle trop petite, son expression défectueuse du relief.

6. *Konvitz, 1987, p. XVII.*

La période allant de la Révolution à l'Empire ne voit pas de remise en cause de cette place prépondérante des œuvres topographiques, renforcée même en fonction de contingences militaires. L'idéal de précision passe alors, nous l'avons évoqué, par la généralisation de la projection zénithale. Ainsi, selon le père de Dainville, « sous quelque aspect qu'on l'observe, le « langage des géographes » porte témoignage d'une étape de la conscience géographique, l'application à localiser les objets, à les qualifier avec une rigueur croissante grâce à l'enrichissement, à la précision et à l'harmonisation progressive de ses moyens d'expression. Suffisamment absorbée par ces problèmes, la géographie de cette époque *décrit sans expliquer*[7] ». La cartographie descriptive peut s'interpréter comme un inventaire des objets du monde, plutôt désignés aux XVII[e] et XVIII[e] siècles comme places ou lieux, circonscrits, différenciables et permanents, unités isolables dans le continuum géographique. Le père Lubin peut ainsi écrire, en 1678 : « La géographie n'étudiant qu'à trouver la position des places ne devrait même pas penser au désert où il n'y en a aucune[8] ». Chaque époque, chaque société, établit bien sûr sa propre liste d'objets géographiques, selon sa perception du monde, ses connaissances et la segmentation de celles-ci. Connaître le contenu des lieux est un désir « à la fois orienté et sélectif, en rapport avec les intentions des hommes[9] ». L'appréhension de l'espace est « anthropocentrique[10] », il ne peut en être autrement.

7. *F. de Dainville, 1964, p. 336.*

8. *Cité par F. de Dainville, 1964, p. 323.*

9. *P. Pinchemel, 1988, p. 17.*

10. Cf. *F. de Dainville, 1964, p. 322-323.*

Pour cette raison, la description géométrique, ligne de force de la cartographie classique, est loin d'être son unique motif. Elle reste critiquée alors même qu'elle paraît triompher. En 1782, du Carla estime ainsi que les cartes ne proposent « qu'une image mutilée de la terre, qui y apparaît comme un immense édifice, dont on ne connaîtrait que les dimensions horizontales du rez-de-chaussée[11]. » Mais surtout, la catégorie n'est pas sans nuances. Plusieurs cartographes ont pu proposer des images plus originales de l'espace géographique. Leurs œuvres témoignent de l'élargissement de la nomenclature du monde. Certains démontrent que la topographie peut être réduite à quelques éléments de référence, pour des cartes mettant l'accent sur des distributions spécifiques. D'autres engagent le renouvellement du langage cartographique, en s'écartant d'un symbolisme fondé exclusivement sur la ressemblance aux objets visibles et circonscrits à la surface du sol.

11. *Cité par F. de Dainville, 1964, p. 336.*

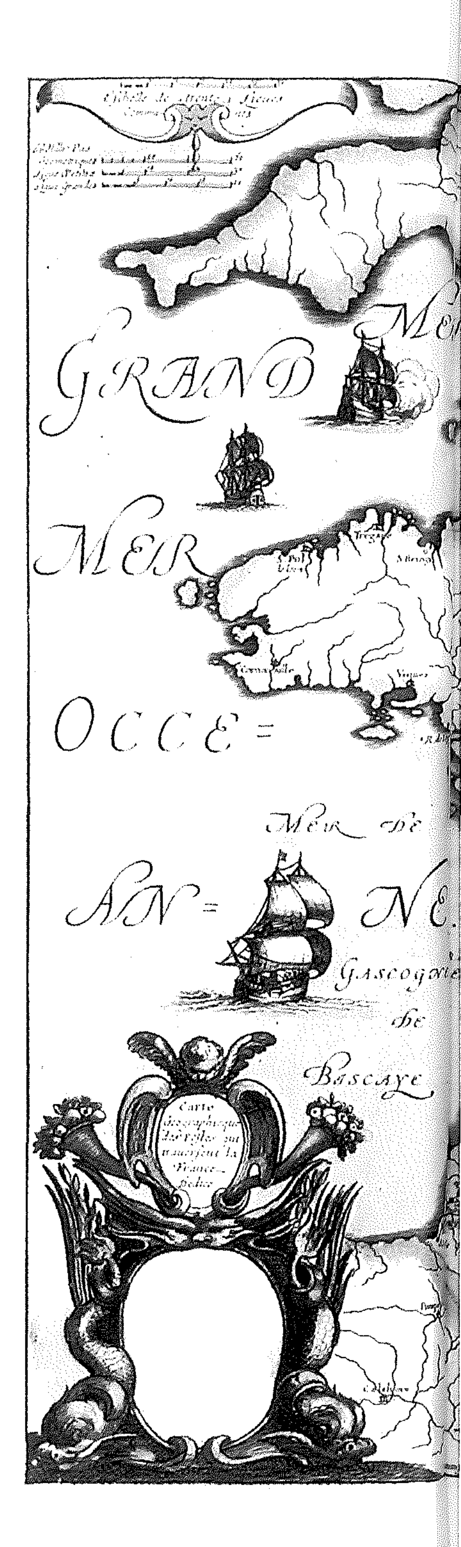
Les « cartes singulières »

Au XVIIIe siècle se poursuit en effet la réalisation de cartes spéciales, ou parathématiques, dont le XVIIe siècle fournissait déjà quelques exemples. Le développement de ces cartes accompagne ce mouvement évoqué plus haut : la carte se transforme, d'objet d'apparat, de diffusion restreinte et constituant une fin en soi, en un instrument de compréhension et de contrôle de l'espace terrestre. Cette évolution traduit, selon J. Konvitz, « les progrès sociaux, économiques, politiques et technologiques qui firent passer l'Europe post-westphalienne des monarchies agraires à l'ère post-napoléonienne des États-nations industrialisés, [...] et firent naître le besoin d'une cartographie pratique, moderne et analytique capable de mettre en lumière les traits complexes et étroitement imbriqués de l'espace naturel et humain [12] »

En fait, les cartes spéciales reflètent par leur contenu le déplacement des centres d'intérêt de la géographie, la succession de différents regards sur le monde, en fonction de nouveaux apports scientifiques (notamment du ressort des sciences naturelles) ou de l'utilité prêtée à certains objets géographiques qui retenaient peu l'attention jusqu'alors. La carte se chargeait traditionnellement de symboles exprimant un nombre toujours plus grand de places et lieux. Plusieurs cartographes vont remettre en cause ce principe de cartographie cumulative. Par leur méthode même, en effet, les cartes spéciales procèdent d'abord par sélection : elles mettent l'accent sur *un* élément de l'inventaire, et non plus sur l'ensemble des objets pouvant être considérés sur une portion de la surface terrestre. Elles sont, suivant une expression de l'époque, *cartes singulières* [13]. Elles n'abandonnent pas leur fonction traditionnelle de satisfaire l'amateur curieux, mais leur caractère pratique se précise.

LES ROUTES DE POSTE

Les premières cartes singulières remontent à la première moitié du XVIIe siècle, et l'antériorité semble revenir aux cartes des routes de poste. En 1632, Nicolas Sanson réalise la *Carte géographique des postes qui traversent la France* (figure 1), gravée et éditée par Melchior Tavernier. Cette carte, qui inaugure une fructueuse collaboration entre le géographe d'Abbeville et l'imprimeur parisien, son « découvreur », se substitue aux listes de postes manuscrites. L'adresse au lecteur figurant sur certains exemplaires, permet d'attribuer l'idée première de cette carte à Melchior Tavernier. Ce dernier écrit en effet : « L'estat de toutes les postes qui traversent la France m'estant tombé depuis peu entre les mains, je priay le Sr Samson d'Abbeville de me le dresser en une carte géographique qu'il m'a aussy tost rendue telle que je la présente [14]. » Dans cette même adresse, Tavernier confirme la dimension pratique de sa carte, assurant qu'il est prêt à l'augmenter ou la diminuer dans l'avenir pour contenter et servir le public. Répondant de manière ingénieuse à la demande des voyageurs, la carte des postes connaît un succès qui n'est pas démenti jusqu'à la fin du siècle, comme en témoignent plusieurs réédi-



12. *J. Konvitz, 1980, p. 304.*

13. *A. Lubin, 1678, p. 222.*

14. *Voir sur ce point M. Pastoureau, 1981, p. 295.*



Fig. 1. N. Sanson, *Carte géographicque des Postes qui traversent la France*, 1632. (Cliché : B.N., Service photographique.)

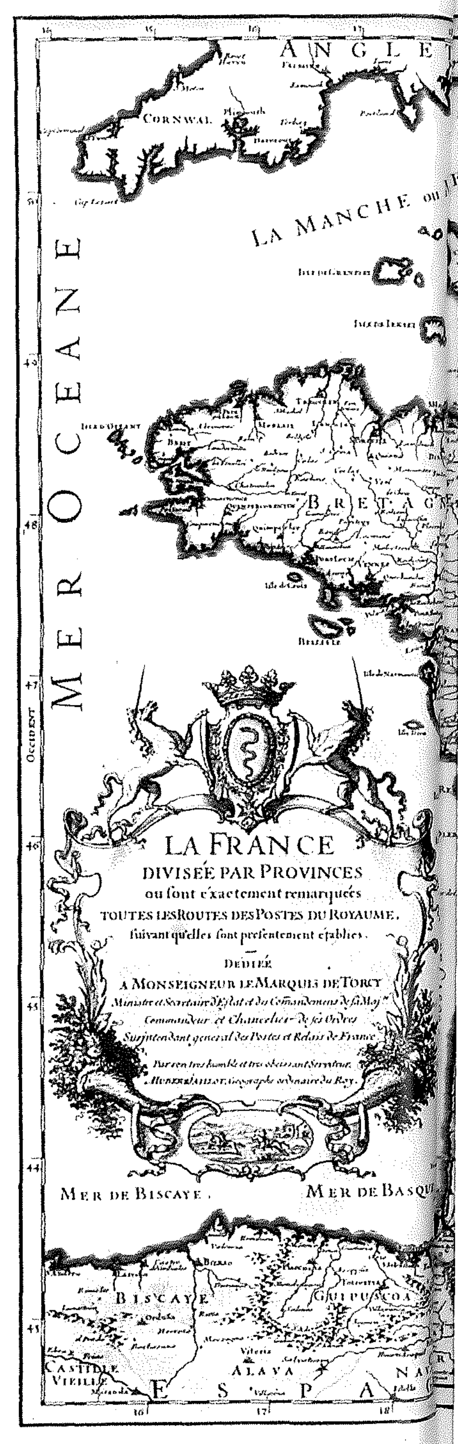
tions et copies, ainsi que les mises à jour de 1679 et 1690, par Guillaume Sanson, fils de Nicolas.

La carte de 1632 est d'après G. Arbellot un événement : « C'était la première fois qu'on traçait des itinéraires routiers sur une carte de France destinée au public – aucun géographe ne s'y était risqué jusque là – et la première fois également qu'on publiait cette carte de France entièrement consacrée à un sujet aussi spécialisé. Rien de comparable en effet avec les travaux des autres géographes contemporains qui s'attachaient à remplir leurs cartes d'un maximum de renseignements topographiques, sans toutefois faire d'autre référence au système routier qu'en figurant les principaux ponts [15] ». L'esprit sélectif apparaît à travers la mise en valeur du réseau des grands chemins où sont disposés les postes, ou relais de chevaux, signalés par un signe conventionnel. Leurs noms s'alignent perpendiculairement au réseau, rappelant la disposition adoptée pour les toponymes côtiers dans les portulans médiévaux. La gouache rehausse les itinéraires et les relais, tandis que le fond est restreint aux villes et rivières principales, sans toponymes inutiles, ce qui assure une très bonne séparation visuelle.

À la suite de Sanson, les cartes des routes de poste se multiplient. Tavernier édite en 1643 la *Carte généralle des Postes de France ainsi qu'elles sont à présent établies*, de Salmon. Nicolas Berey copie et complète l'original de Sanson, au milieu du XVII[e], sous le titre de *Carte générale de toutes les postes et traverse* (sic) *de France*, puis Antoine de Fer, Pierre Duval, Guillaume Sanson et bien d'autres proposent leurs cartes du réseau des routes de poste. Après 1689 s'ouvre la « période Jaillot [16] » : Pendant un siècle, Alexis-Hubert Jaillot puis ses successeurs publient des cartes sur le même thème, actualisées au gré des modifications touchant aux relais, et des nouvelles mesures géodésiques transmises par l'Académie des Sciences. Les « cartes Jaillot », d'Alexis-Hubert ou de Bernard, son fils, prennent valeur de référence, ces géographes ayant obtenu le privilège royal de publication des cartes des postes. Malgré tout, d'autres cartes sont gravées concurremment tout au long du XVIII[e] siècle. En 1780, le privilège royal est d'ailleurs supprimé, et c'est le Conseil des Postes qui publie la carte officielle accompagnant les listes de relais : le *Tableau général des Postes*.

Dans le traitement graphique du réseau, la plupart des auteurs s'écartent peu de la carte de Sanson. Seul Alexis-Hubert Jaillot donne un sens original à la ligne ponctuée qui traduit les itinéraires de sa *Carte particulière des postes de France* de 1689 : « Les routes des postes sont marquées par de petites lignes, et par des points. Chacune ligne marque la distance d'une lieue. Chacun point marque celle d'un quart de lieue ». Il s'agit là de l'un des rares exemples d'expression de la quantité en implantation linéaire [17], avant le XIX[e] siècle, mais il faut noter que la variation de forme de la ligne n'exprime ici qu'une distance, notion qui devrait être traduite par l'échelle de la carte. Cette redondance est malgré tout révélatrice : les signes se détachent progressivement de la symbolique traditionnelle.

Au XVIII[e] siècle, l'intérêt pour les communications terrestres ne se limite pas aux routes de poste. Les ingénieurs des Ponts et Chaussées réalisent des



15. *G. Arbellot, 1980, p. 98-99.*

16. Ibid., *p. 99.*

17. *Rappelons que l'implantation est la signification qu'une tache visible peut recevoir par rapport aux deux dimensions du plan.*



Une tache visible a évidemment une surface, et peut varier en taille, en forme, en orientation…, mais sa signification positionnelle s'applique à un point, une ligne, ou une zone. Voir J. Bertin, 1973, p. 44.

Fig. 2. A.H. Jaillot, *La France divisée par Provinces où sont exactement remarquées toutes les Routes des Postes du Royaume*, 1701. (Cliché : B.N., Service photographique.)



Fig. 3. N. Sanson, *Carte des rivières de la France curieusement recherchée*, 1641. (Cliché : B.N., Service photographique.)

cartes à grande échelle où sont portées les voies existantes ou projetées. Il ne s'agit pourtant pas là d'une cartographie singulière, l'ensemble de la topographie y étant exprimé. En revanche, on retrouve l'esprit sélectif dans une autre carte routière générale, cette fois-ci d'usage militaire, allié comme chez Jaillot à une certaine élaboration graphique, permettant de traduire une nouvelle composante de l'information, la viabilité. En effet, dans la *Carte générale des étapes de France où sont tracées les Routes que tiennent les Troupes dans leur Marche*, de 1755, dont disposait sous Louis XV le marquis de Paulmy, secrétaire d'État à la guerre [18], l'auteur s'attache à exprimer par une variation de forme du trait routier la taille des différentes artères, en fonction de l'importance des troupes qui peuvent les emprunter.

Mais au-delà du détail des signes, c'est avant tout à la volonté de sélectivité qu'il faut s'intéresser. Or, il est important de noter que s'il existe bien des cartes singulières, préfigurant la thématicité, la cartographie d'une donnée de l'espace n'est pas devenue un automatisme : elle contredit plutôt la tendance naturelle des cartographes à ajouter des signes pour parachever l'inventaire. En réalité, c'est surtout aux deux extrêmes de notre étude, en 1632

18. *Sur cette carte, voir J. Konvitz, 1980, p. 310.*

19. *G. Arbellot, 1980, p. 99.*

20. Ibid., *p. 100.*

21. *Cette carte, peu connue, est répertoriée par M. Pastoureau (1981, p. 298), qui mentionne aussi un recueil antérieur, non daté, de cartes de rivières de l'ouest et de l'est de la France, dédié au chancelier Séguier par Pierre Boyer du Parc (Bibliothèque Nationale, ms. fr. 15481. Cartes seules : Ge CC 1361). Ce travail, « de première main », aurait pu être utilisé par Sanson, selon M. Pastoureau.*

et 1780, que l'on s'est le plus approché d'une véritable cartographie singulière. Ainsi que le remarque Arbellot, « la carte de Sanson était [...] d'une extrême sobriété tant dans sa conception que dans son graphisme[19] », mais ce dépouillement ne se retrouve guère dans les cartes suivantes. Sans parler des cartes générales où les routes de poste apparaissent seulement en surcharge, bien des cartes voient se multiplier une nomenclature annexe, des signes et toponymes parasites. Ainsi la carte de Jaillot éditée en 1689 n'est plus exclusivement une carte de réseau : elle figure évêchés, archevêchés, forêts, topographie, limites de provinces. Elle se décrit « comme une assez médiocre carte générale du royaume heureusement enrichie du réseau des postes[20] ». Cette tendance n'est pas démentie par la suite : le réseau se fond dans une forte densité de signes et toponymes extra-postaux, comme on peut le constater sur *La France divisée par provinces où sont exactement remarquées toutes les routes des postes du Royaume*, publiée par Jaillot en 1701 (figure 2). Ce n'est qu'avec le *Tableau Général des Postes* de 1780 que l'on retrouve l'économie graphique, et donc l'aisance de lecture, de la carte de 1632.

FLEUVES ET RIVIÈRES

Moins répandues, mais d'une égale inventivité, les cartes du réseau hydrographique symbolisent elles aussi une rupture avec la description synthétique. C'est encore à Nicolas Sanson que l'on doit la première carte hydrographique de la France, en 1634[21]. On trouve cependant plus couramment sa réédition de 1641, la *Carte des rivières de la France curieusement recherchée* (figure 3). Sanson insiste sur sa précision nouvelle, en regard des cartes habituelles. Il indique en notice, à propos des rivières qu'il figure : « J'ai tracé dans cette carte leurs cours, leurs rencontres, et remarqué leurs noms, au moins de ceux que l'espace d'une feuille a pu comprendre : et j'espère ami lecteur que tu y en trouveras un grand nombre qui ne se sont vues ni dans les cartes générales, ni même dans les plus particulières ».

La sélectivité est manifeste, puisque les seuls éléments retenus sont les tracés des fleuves et des rivières, leurs toponymes, et les points de passage. La carte porte également la délimitation, gouachée, des grands bassins hydrographiques. L'expression de cette information est, à notre connaissance, sans précédent. À la différence des cartes des postes, cette carte ne sera imitée que beaucoup plus tard. Elle ne correspond évidemment pas à un besoin équivalent chez les voyageurs, et la navigation intérieure préoccupe encore assez peu l'État français. Si l'on trouve par la suite de nombreuses cartes particulières figurant fleuves et canaux, il ne s'agit que de cartes topographiques détaillées. Il faut attendre 1781 pour trouver une seconde carte du réseau hydrographique français. Cent quarante ans après Sanson, Dupain-Triel réalise la *Carte générale des fleuves, des rivières et des principaux ruisseaux de la France, avec les canaux actuellement construits* (figure 4). Dupain-Triel, ingénieur-géographe du Département des Mines, précise d'ailleurs en *nota bene* que « depuis le géographe Samson (sic) qui publia en 1641 ses recherches sur les rivières de France, aucun autre, que l'on sache, n'a cherché à étendre ou



Fig. 4. Dupain-Triel, *Carte générale des Fleuves, des Rivières et des Principaux Ruisseaux de la France...*, 1781. (Cliché : B.N., Service photographique.)

à perfectionner son travail pour le rendre plus utile ; celui-ci peut donc être regardé comme un ouvrage entièrement neuf ».

La carte de Dupain-Triel est d'un graphisme proche de celui de Sanson, mais cependant moins avare d'autres données topographiques (villes, chemins ou limites de généralités), toutefois discrètement notées. L'auteur l'a dressée « afin qu'on pût embrasser d'un seul coup d'œil l'ensemble des quatre fleuves et celui des grandes et petites rivières, avec les ruisseaux qui y affluent », mais il s'agit moins d'une carte descriptive, de « curiosité », comme celle de Sanson : elle symbolise plutôt les progrès de l'approche utilitariste de la nature, et peut se comprendre en fonction de la « politique d'eau » de

l'Ancien Régime. Dupain-Triel, qui adresse sa carte aux intendants et l'enrichit de symboles sur la navigabilité, traduit l'intérêt nouveau porté, après 1750, au développement des liaisons fluviales intérieures.

JURIDICTIONS

On ne peut négliger, avant de conclure sur la cartographie singulière, le cas des cartes des limites et des centres administratifs ou religieux. Ce thème, comme celui de la cartographie des frontières, demanderait à lui seul une recherche approfondie, mais quelques remarques sont utiles dans le cadre de cette étude. La définition des limites est indissociable de la description des territoires. Dans un premier temps, les limites servent de cadre aux cartes particulières (le découpage géométrique est introduit, rappelons-le, avec la carte de Cassini). Dès le XVIe siècle apparaissent des cartes selon l'étendue de certaines juridictions, cartes de diocèses ou cartes de provinces, aux contours encore incertains. Ces « sous-cartes » régionales, de plus en plus nombreuses et précises, comme se multiplient les descriptions fidèles des terroirs ou des fiefs, autorisent une synthèse nationale des limites. Celle-ci est néanmoins tardive, car la cartographie locale française est encore en retard au XVIe siècle, excepté pour le centre du pays. C'est surtout au siècle suivant que les frontières des différentes circonscriptions deviennent des éléments à part entière de la nomenclature de la surface terrestre, et peut-être même les éléments essentiels.

Nicolas Sanson est encore l'un des premiers à privilégier les limites administratives dans nombre de ses cartes : selon M. Pastoureau, « Il réalisa une centaine de cartes provinciales de la France à l'échelle de 1/234 000, qui présentaient une particularité intéressante : elles portaient à la fois les limites des circonscriptions civiles et celles des circonscriptions ecclésiastiques. Un double titre était inscrit dans le cartouche [...], et l'on confiait à une employée le soin de « laver » à l'aquarelle l'un des titres et les limites correspondantes [22] ». Bientôt, les divisions administratives constituent une information que peu de cartographes omettent, malgré l'imprécision qui règne encore à leur propos. Négligeant les juridictions déclinantes, bailliages ou sénéchaussées, « la cartographie d'Ancien Régime, remarque A. Fierro-Domenech, représente abondamment les ressorts des parlements, gouvernements et généralités. Encore ces cartes n'ont-elles qu'une valeur indicative très approximative, car elles se bornent généralement à un report assez vague des limites de ces circonscriptions sur des cartes de France à une échelle située entre le 1/1 000 000 et le 1/4 000 000 [23] ».

R. Caron lit dans la cartographie de cette époque « cet extraordinaire souci français de la définition des suzerainetés [24] ». Selon lui, « tout, dans cet étonnant réseau de limites de juridictions civiles ou religieuses, de frontières administratives ou judiciaires, de bornage cadastral et militaire, marque bien que la priorité constante de la cartographie moderne française a été de décrire, c'est-à-dire clairement d'attester et d'authentifier, le système de souveraineté sur le fond français [25] ».

22. *M. Pastoureau, 1987, p. 60.*

23. *A. Fierro-Domenech, 1987, p. 75.*

24. *R. Caron, 1980, p. 9.*

25. Ibid.

Après Sanson, bien d'autres cartographes s'attachent à cet aspect particulier, ainsi Nicolas Langlois réalise en 1650 la *Carte de la France, divisée selon l'ordre des Parlements et juridictions royales*, Claude Robert édite en 1656, dans sa *Gallia Christiana, La France divisée en archevesché, evesché, abbaies*, Nicolas de Fer dessine en 1698 une *Carte des gouvernements généraux...*, etc. Les juridictions fiscales ne sont pas oubliées : des chambres des comptes, ou de la Cour des Aides. Au XVIII[e] siècle, on peut encore remarquer que la carte de Cassini elle-même abonde en renseignements administratifs, même si les différentes limites ne sont pas également portées sur toutes les feuilles.

Fig. 5. Anonyme, *Carte des gabelles*, fin XVIII[e] siècle. (Cliché : B.N., Service photographique.)

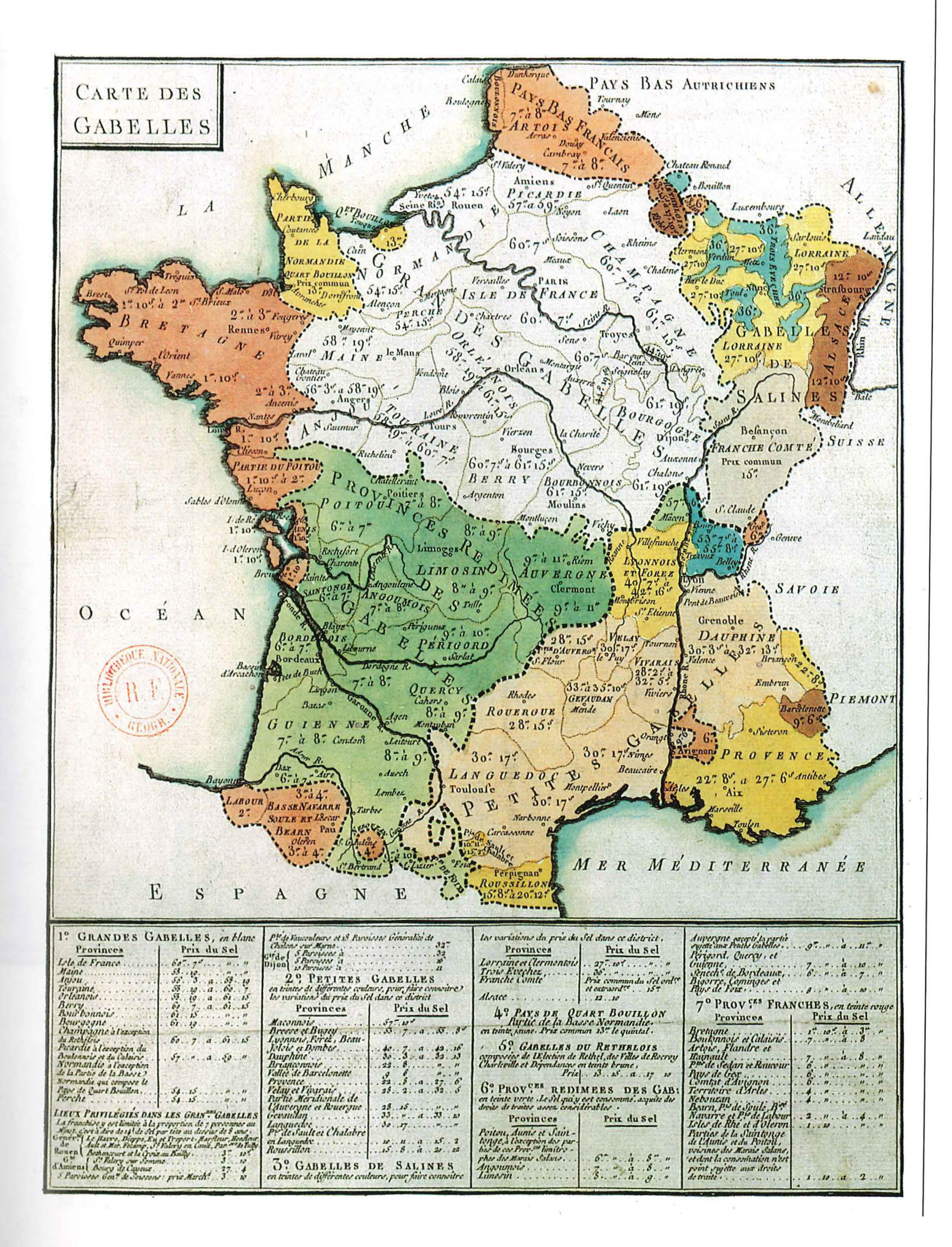
Il est parfois difficile d'isoler des cartes singulières administratives, dans la mesure où la notion de carte administrative coïncide parfois, sous l'Ancien Régime, avec la notion-même de carte. Les juridictions devenant les grilles d'interprétation des cartes générales, les villes sont le plus souvent dessinées suivant leur rang dans la hiérarchie administrative, civile ou religieuse. Le relief et la végétation étant pauvrement figurés, seul le réseau hydrographique sépare parfois du concept de carte singulière. L'esprit sélectif est plus net lorsqu'il se manifeste dans un contexte différent, celui d'un enrichissement de la description topographique, plus tardif. Au XVIII[e] siècle, on peut certainement qualifier de cartes singulières des œuvres telles que la *Carte des cinq provinces de l'Assistance de France des RR-PP de la Compagnie de Jésus* de 1706, l'anonyme *Carte des gabelles* (figure 5) dessinée sous Louis XVI, et bien évidemment les nombreuses cartes postérieures à la Révolution figurant exclusivement les nouvelles divisions départementales.

La carte et la Méthode

La carte singulière constitue un infléchissement remarquable de la cartographie classique. L'idéal de la connaissance du monde, c'est la parfaite image. Celle-ci ne peut reposer sur la similitude en qualité : cartes et globes diffèrent du monde en substance. Dès lors la perfection doit être atteinte par la ressemblance en « quantité ». Cette quantité, c'est la proportion juste des objets représentés, mais aussi le nombre de ces objets : « selon que [la similitude] est plus multipliée et plus parfaite les connaissances le sont aussi : pour ce que celle-là est le principe de celles-ci[26] ».

26. *J. François, 1652, p. 356.*

Imiter la nature, s'en approcher le plus qu'il est possible ? Le projet rejoint celui des représentations peintes, mais il porte en lui sa propre contradiction : en fonction des contraintes imposées par l'échelle choisie et les techniques de gravure, la carte ne peut indéfiniment être surchargée de symboles, tandis que se multiplient les objets de l'inventaire. L'enrichissement-même de la description géométrique du monde peut alors conduire à l'approche analytique. Celle-ci autorise une précision et une lisibilité supérieures. Au-delà d'une évolution en faveur d'une cartographie pratique, il faut y voir la mise en place d'un nouveau modèle d'intelligibilité. L'Abbé de Dangeau l'illustre de façon exemplaire, dans l'avertissement de son traité de géographie de 1697 : « J'ai connu par mon expérience, et par celle des autres, que ce qui empêche qu'on ne profite autant qu'on le voudrait des cartes et des livres qui ont été faits jusques ici pour enseigner la Géographie, l'Histoire et


CARTE DES GABELLES
LA MANCHE
OCÉAN
ESPAGNE
MER MÉDITERRANÉE
PAYS BAS AUTRICHIENS
ALLEMAGNE
SUISSE
SAVOIE
PIEMONT
1° GRANDES GABELLES, en blanc
Provinces | Prix du Sel
Isle de France . . . 60.ᵗ 7.ˢ . . . " . . "
Maine . . . 58 . . 19 . . . " . . "
Anjou . . . 56 . . 3 . . a . . 58 . . 19
Touraine . . . 58 . . 19 . . a . . 60 . . 7
Orleanois . . . 58 . . 19 . . a . . 61 . . 15
Berry . . . 60 . . 7 . . a . . 61 . . 15
Bourbonnois . . . 61 . . 15 . . . " . . "
Bourgogne . . . 61 . . 19 . . . " . . "
Champagne à l'exception du Rethelois . . . 60 . . 7 . . a . . 61 . . 15
Picardie à l'exception du Boulonnois et du Calaisis . . . 57 . . " . . a . . 59 . . "
Normandie à l'exception de la Partie de la Basse Normandie qui compose le Pays de Quart Bouillon . . . 54 . . 15 . . . " . . "
Perche . . . 54 . . 15 . . . " . . "
LIEUX PRIVILÉGIÉS DANS LES GRANᴰᴱˢ GABELLES
La franchise y est limitée à la proportion de 7 personnes au Minot, c'est à dire de 14 l. de Sel par tête au dessus de 8 ans.
Génér.ˡᵉ de Rouen { Le Havre, Dieppe, Eu et Treport, Harfleur, Honfleur, Ault et Mer, Fécamp, Sᵗ Valery en Caux, Parᵒⁱˢˢᵉ de Tuffy, Bethencourt et la Croix au Bailly . . . 3.ᵗ 10.ˢ
Gᵃˡᵉ d'Amiens { Sᵗ Valery sur Somme . . . 3 . . 10 ; Bourg de Cayeux . . . 2 . . 4
5 Paroisses Gen.ᵃˡᵉ de Soissons : prix March.ᵈ . . . 3 . . 10
Pᵗᵉ de Vaucouleurs et 18 Paroisses Généralité de Chalons sur Marne . . . 32.ᵗ
Gᵃˡᵉ de Dijon { 5 Paroisses à . . . 32 ; 5 Paroisses à . . . 20 ; 10 Paroisses à . . . 11
2° PETITES GABELLES
en teintes de différentes couleurs, pour faire connoître les variations du prix du Sel dans ce district
Provinces | Prix du Sel
Maconnois . . . 57.ᵗ 10.ˢ
Bresse et Bugey . . . 35 . . 7 . . a . . 35 . . 8.ˢ
Lyonnois, Forez, Beaujolois et Dombes . . . 40 . . 7 . . a . . 42 . . 16
Dauphiné . . . 30 . . 3 . . a . . 32 . . 13
Briançonnois . . . 22 . . 8 . . . " . . "
Vallée de Barcelonette . . . 9 . . 6 . . . " . . "
Provence . . . 22 . . 8 . . a . . 27 . . 6
Velay et Vivarais . . . 28 . . 2 . . a . . 32 . . 5
Partie Méridionale de l'Auvergne et Rouergue . . . 28 . . 15 . . . " . . "
Gevaudan . . . 33 . . " . . a . . 33 . . 10
Languedoc . . . 30 . . 17 . . . " . . "
Pᵗᵉ de Sault et Chalabre en Languedoc . . . 10 . . 11 . . a . . 15 . . 2
Roussillon . . . 15 . . 8 . . a . . 20 . . 12
3° GABELLES DE SALINES
en teintes de différentes couleurs, pour faire connoître les variations du prix du Sel dans ce district.
Provinces | Prix du Sel
Lorraine et Clermontois . . . 27.ᵗ 10.ˢ . . . " . . "
Trois Evechez . . . 36 . . " . . . " . . "
Franche Comté . . . Prix commun du Sel ordᵉ et extraordʳᵉ . . 15.ᵗ
Alsace . . . 12 . . 10
4° PAYS DE QUART BOUILLON
Partie de la Basse Normandie.
en teinte jaune. Prix commun 13.ᵗ le quintal.
5° GABELLES DU RETHELOIS
composées de l'Election de Rethel, des Villes de Rocroy Charleville et Dépendances en teinte brune.
Prix . . 13 . . 15 . . a . . 17 . . 10
6° PROVᶜᴱˢ REDIMEES DES GAB:
en teinte verte. Le Sel qui y est consommé, acquite des droits de traites assez considérables.
Provinces | Prix du Sel
Poitou, Aunis et Saintonge, à l'exception des parties de ces Prov.ᶜᵉˢ limitrophes des Marais Salans . . . 6.ᵗ . . " . . à . . 8.ᵗ . . "
Angoumois . . . 7 . . " . . à . . 8 . . "
Limosin . . . 8 . . " . . à . . 9 . . "
Auvergne excepté la partie sujette aux Petites Gabelles . . . 9.ᵗ . . " . . à . . 11.ᵗ . . "
Perigord, Quercy, et Guienne . . . 7 . . " . . à . . 10 . . "
Senech.ˢ de Bordeaux . . . 6 . . " . . à . . 7 . . "
Bigorre, Cominges et Pays de Foix . . . 8 . . " . . à . . 10 . . "
7° PROVᶜᴱˢ FRANCHES, en teinte rouge
Provinces | Prix du Sel
Bretagne . . . 1.ᵗ 10.ˢ à . . 3.ᵗ . . "
Boulonnois et Calaisis . . . 7 . . " . . à . . 8
Artois, Flandre et Hainault . . . 7 . . " . . à . . 8 . . "
Pᵗᵉ de Sedan et Raucour . . . 6 . . " . . . " . . "
Pays de Gex . . . 6 . . " . . . " . . "
Comtat d'Avignon . . . 6 . . " . . . " . . "
Territoire d'Arles . . . 4 . . " . . . " . . "
Nebouzan . . . 4 . . " . . . " . . "
Bearn, Pᵗᵉ de Soule, Bˢˢᵉ Navarre et Pᵗᵉ de Labour . . . 2 . . " . . à . . 4 . . "
Isles de Rhé et d'Oleron . . . 1 . . 10 . . . " . . "
Parties de la Saintonge de l'Aunis et du Poitou, voisines des Marais Salans, et dont la consommation n'est point sujette aux droits de traite . . . 1 . . 10 . . a . . 2 . . "

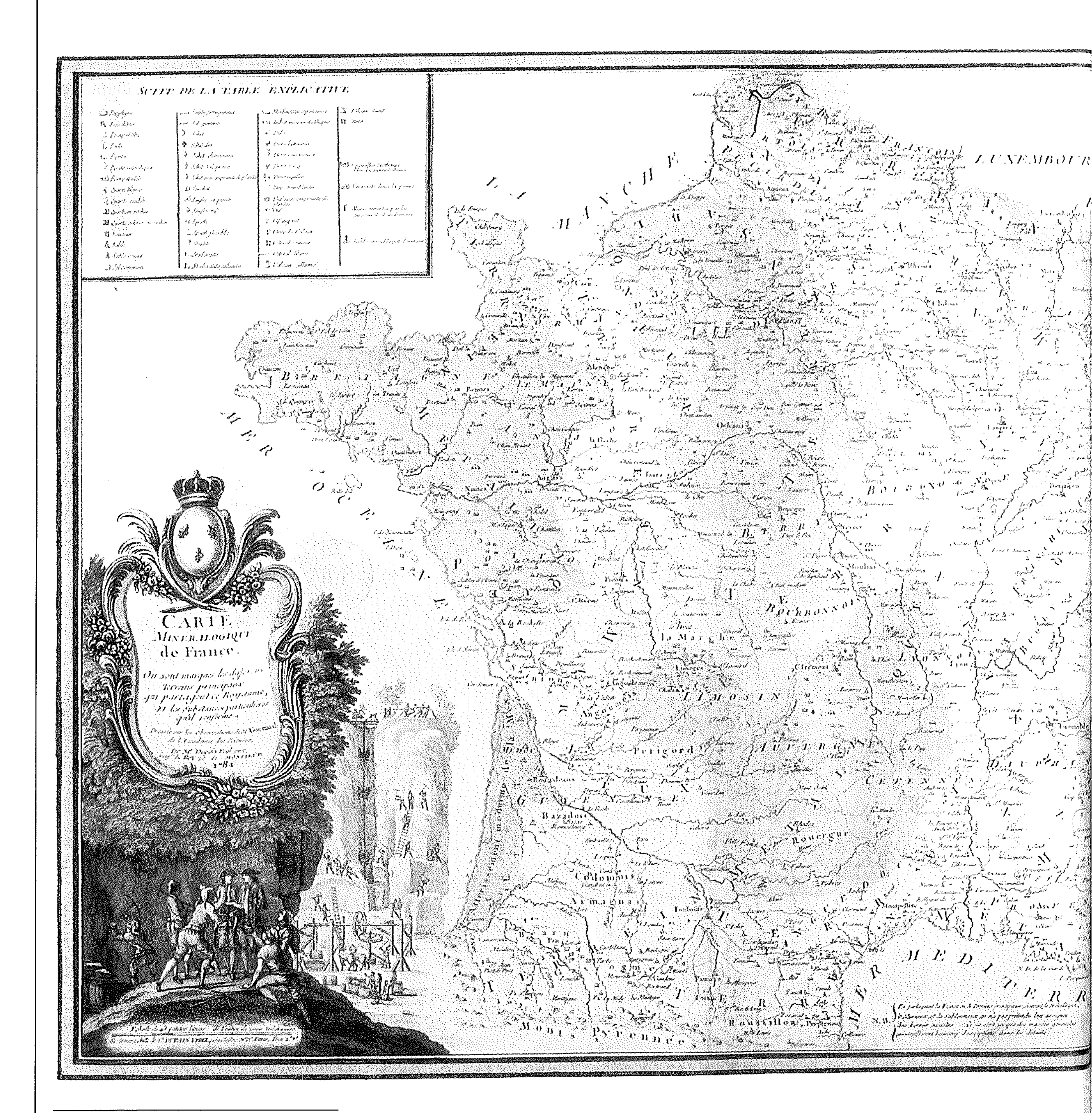
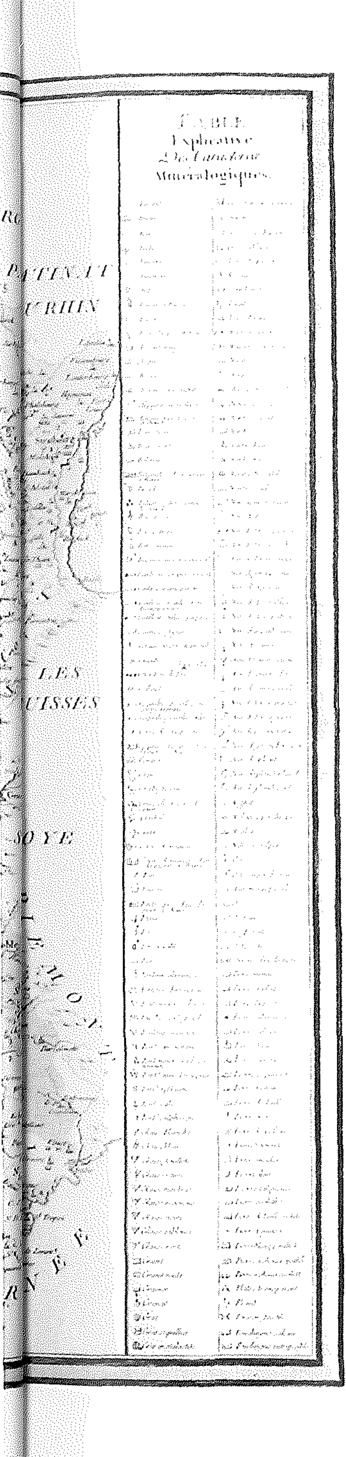


Fig. 6. Dupain-Triel, *Carte minéralogique de France*, 1784. (Cliché : B.N., Service photographique.)



tout ce qui y a quelque rapport, est la multitude des objets qu'on voit en même temps, et le mauvais ordre dans lequel ils sont présentés à l'imagination. Pour y remédier, j'ai disposé mon ouvrage de manière que l'on y voit par partie dans plusieurs cartes différentes d'un même pays, tout ce qu'on voit ensemble dans une seule des cartes ordinaires[27] ». Dangeau présente ainsi plusieurs cartes spéciales, comme la carte des « Grandes rivières qui se jettent dans la mer », des « Rivières qui se jettent dans les 6 grandes », ou plusieurs cartes administratives, civiles et religieuses.

Ces cartes singulières se veulent plus efficaces sur le plan visuel, par la figuration d'objets élémentaires, mais Dangeau en souligne les avantages sur le plan de l'entendement. Sans perdre de vue l'idéal de la similitude, il substitue au spectacle du tout le principe de la connaissance par parties. La cartographie est traversée par une nouvelle rationalité. Celle-ci semble s'inspirer des préceptes cartésiens sur la connaissance, exposés dans les *Règles pour la direction de l'esprit* et surtout le *Discours de la Méthode* de 1637[28]. En effet, rappelons que toute la méthode de Descartes « consiste dans l'ordre et la disposition des choses vers lesquelles il faut tourner le regard de l'esprit[29] », et que l'on doit considérer premièrement les choses absolues, c'est-à-dire unes, égales, semblables et indépendantes, dont on peut avoir l'intuition, avant de s'élever au multiple et au composé. L'énumération, ou l'intuition distincte de chaque chose, et l'ordre, ou disposition judicieuse des choses permettant d'embrasser le tout par un mouvement continu de la pensée, tel est l'essentiel de la méthode, et les remarques de l'abbé de Dangeau peuvent s'y rapporter très directement. Les principes de la méthode rejoignent d'ailleurs les questions de perception visuelle. Descartes ne propose-t-il pas lui-même une comparaison avec la vue, « car celui qui veut regarder d'un seul coup d'œil beaucoup d'objets à la fois, n'en voit aucun distinctement ; et pareillement, celui qui a coutume de s'appliquer par un seul acte de pensée à beaucoup de choses en même temps, a l'esprit confus[30] » ? On peut imaginer un émiettement encore plus grand de la représentation, la Méthode conseillant de diviser une question en des parties aussi petites que possible. Dangeau descend de la topographie au thème, le réseau hydrographique, puis à la catégorie des grandes rivières, puis passe à leurs affluents, mais en bonne logique, la lecture est plus aisée en raison de la plus grande rareté des signes.

La cartographie analytique n'est pas « naturelle », et les cartes singulières restent des raretés. Le cartographe est spontanément porté à compléter l'inventaire de manière synoptique. Le gain de précision passe davantage par l'agrandissement de l'échelle, les cartes particulières. La sélection d'une donnée de l'espace géographique est une voie qu'exploreront surtout les cartographes de la seconde moitié du XVIIIe siècle, dans un autre contexte intellectuel : celui d'une spécialisation, d'un cloisonnement scientifique. Par ailleurs, il n'est pas opportun de parler de cartographie thématique à propos des cartes singulières. Il n'y a pas de modification fondamentale de la conscience géographique. Différence de degré, certes, mais non de nature : la représentation a toujours lieu dans le cadre de la géographie de position. Les objets sélectionnés, mais qui pourraient théoriquement figurer ensemble

27. *L. de Dangeau, 1697, p. III.*

28. *Les* Règles *ne sont publiées qu'en 1701, à titre posthume. Cependant, plusieurs copies circulent en France, au XVIIe siècle.*

29. *R. Descartes,* Règles..., *éd. Pléiade, p. 52.*

30. Ibid., *p. 67-68.*

dans une carte ordinaire, sont décrits selon un code analogique. Le langage est celui de la topographie, et les seules variations sensibles utilisées sont les deux dimensions du plan, la couleur n'intervenant que comme enluminure.

Les additions thématiques

La seconde démarche qui s'observe dans la cartographie spéciale résulte plutôt d'un raffinement de la description, dans quelques domaines particuliers tels que la végétation, les sites miniers ou les établissements humains. Dans ce cas, les précisions apportées ne le sont pas dans un esprit analytique : elles s'ajoutent à la description classique. On ne peut ainsi assimiler une carte précisant, par exemple, les aspects du paysage ou la situation des manufactures, à de véritables cartes modernes de l'utilisation du sol ou de l'industrie.
La spécialisation croissante de la cartographie, notamment au XVIIIe siècle, ne contredit pas l'esprit des représentations traditionnelles. Il prépare seulement une cartographie thématique, dégagée de la représentation en projection zénithale du visible, comme y préparent de nouveaux regards sur le monde. En fait, depuis la fin du XVIIe siècle, en dehors des sujets des cartes singulières, l'attention est appelée sur de nombreuses autres « places ». Parmi celles-ci, le père Lubin mentionne, en 1678, les forêts : « Les grandes utilités, qui se retirent des forêts, devraient bien porter à en connaître l'étendue et les qualités ; [...] il serait donc très à propos de dessiner dans les cartes particulières et marquer le plan des grandes forêts ; et quoique le burin ne puisse pas bien nous en faire distinguer la nature des arbres, il serait bien nécessaire de l'écrire[31] ».
Lubin, dont la conception utilitariste de la nature est d'avant-garde, réclame encore des cartes qui précisent, voire isolent des éléments économiquement importants, tels que les mines ou les forges. Ainsi, note-t-il, « la passion que les hommes ont toujours eue pour les richesses, ferait passer pour criminel le géographe, qui ne marquerait pas exactement dans ses cartes les positions connues de toutes les mines, qui sont par toutes les terres découvertes. Je m'étonne que cette même passion n'a point encore fait naître la pensée de cartes singulières, où toutes les mines, tant des métaux que des minéraux, seraient marquées avec un mot ou une note, qui ferait connaître de quel métal ou de quel minéral est la mine ; ces cartes seraient prodigieusement utiles[32] ». Quant aux forges, à fer ou cuivre, Lubin estime que « la grande utilité que le public en reçoit oblige les géographes de les marquer exactement dans les cartes, et les cartes qui ne marqueraient que ces forges, mériteraient bien d'être recherchées[33] ».Ce que Lubin appelle de ses vœux, avant même de songer aux cartes singulières, c'est une description plus complète, prenant en compte des phénomènes trop rarement représentés, et esquissant des différenciations plus fines : nature des arbres, des minerais exploités... Ces injonctions ont tout d'abord peu d'effet : ce n'est que très progressivement que la cartographie dispose, outre de techniques de gravure suffisamment élaborées, d'un langage adéquat pour offrir ces précisions nouvelles, par exemple une gamme complète de signes ponctuels. Lubin, à la fin du XVIIe

31. *A. Lubin, 1678, p. 213-214.*

32. Ibid., *p. 222.*

33. Ibid., *p. 231.*

siècle, ne peut encore envisager d'autres solutions graphiques que les notes et l'écriture.

L'évolution est cependant irréversible : l'inventaire se complète, l'espace se différencie, notamment au cours du XVIIIe siècle, ainsi qu'en témoignent les représentations de la végétation ou des données minéralogiques. Les premières conduisent progressivement vers « de véritables cartes de l'utilisation du sol[34] ». Les ingénieurs Masse indiquent par exemple, sur une carte de Flandre de 1730, la répartition des bois, cultures, jardins et habitations. En 1767, le recueil de planches qui accompagne l'*Encyclopédie* présente une différenciation de la nature des terrains en jardins, bois, vignes, prés, marais, friches, terres labourées. À des fins administratives, les espaces ruraux sont relevés avec un détail de plus en plus grand, à des échelles qui le permettent, préparant au projet de cadastre qui, sous le Consulat, est prévu par « masses de cultures ».

34. *M. Foncin, 1961, p. 148.*

La limite est souvent floue entre les cartes thématiques et les cartes topographiques gagnant en précision, et dans le cas présent, il n'est pas inconcevable de tenir l'utilisation du sol comme un thème à part entière. Pourtant, il faut observer que l'expression de l'utilisation du sol est du ressort de la cartographie topographique. L'extension des espaces forestiers figure fréquemment, au XVIIIe siècle, sur les plans et cartes, au moins chorographiques. Lorsque l'on ajoute, souvent lors de travaux à grande échelle, d'autres natures de terrain, champs labourés, jardins, pâturages, marais ou landes, on demeure sur le même plan conceptuel. D'ailleurs, l'utilisation du sol est le plus souvent inscrite dans des représentations globales, comprenant habitat, hydrographie, limites administratives. Rares et tardives sont les cartes réalisées dans un esprit sélectif sur ce sujet. La première n'est sans doute dessinée qu'en 1800, par le britannique Thomas Milne, qui détaille dix-sept types d'utilisation du sol[35]. Son originalité tient alors tout autant à son code graphique : il n'est plus analogique, comme en cartographie générale ; ici, ce sont des couleurs codées qui expriment les différentes informations. Après 1800, plusieurs plans cadastraux français sont réalisés suivant cette méthode.

35. *T. Milne,* Plan of the Cities of London and Westminster, Circumjacent Towns and Parishes, *Londres, 1800. Sur cette carte, voir G.R. Crone, 1978, p. 126.*

B. Petchenik, pour définir la carte thématique, s'inspire des théories de Piaget sur la construction intellectuelle de l'espace. La carte générale traduirait l'expérience de « se trouver en un lieu » (*being in place*) et la carte thématique exprimerait « la connaissance à propos de l'espace » (*knowing about space*). Dans le premier cas, la carte désigne des endroits : ici se trouve... ici se trouve... Dans le second cas elle indique des distributions, renseigne sur les variations spatiales intrinsèques (*internal spatial variations*) d'un phénomène[36]. Référence et connaissance correspondraient alors à deux états graduels de l'expérience de l'espace, le second demandant un stade de développement cognitif plus avancé. La théorie n'est pas des plus satisfaisantes, car elle repose moins sur la carte elle-même que sur son contexte ou son propos, et celui-ci n'est pas toujours connu avec évidence, surtout dans le cas de cartes anciennes. Par ailleurs, le cartographe n'expérimente pas le monde à la manière de l'enfant. Il possède une connaissance préalable de ce qu'il localise, et mêle souvent l'expérience du *in* et du *about space.* On

36. *B. Petchenik, 1979, p. 10-17.*

approche cependant avec Petchenik de cette idée que l'esprit sélectif ne suffit pas à définir la carte thématique : l'objet thématique lui-même relève d'une construction intellectuelle, il n'est pas à proprement parler visible, circonscrit et identifiable dans le paysage, il est plus abstrait. Ainsi, pour reprendre une expression de P. Claval, il s'agit, par la démarche thématique, de « faire apparaître dans le plan des données qui s'inscrivent dans une autre dimension que celles de la surface de la terre[37] ». E. Clutton précise encore : « *the thematic map presents a mental ordering of space, generalising and arranging beyond the limitations of the original data to offer a visual image of more abstract truths*[38] » Si l'on retient cette idée, de véritables cartes thématiques se devraient d'exprimer un savoir scientifique cohérent, c'est-à-dire de restituer des catégories mentalement, et non visuellement ordonnées, issues par exemple de la botanique : espèces végétales, ou espèces cultivées. Là encore, en dehors de quelques renseignements ponctuels, il faut attendre les travaux du botaniste danois Schouw, en 1823, ou de Léopold von Buch un peu plus tard, pour trouver des cartes thématiques qui s'attachent à la figuration exclusive de la répartition d'espèces végétales.

En fait, et c'est un trait fondamental de certaines cartes spéciales avant 1800, les données nouvelles et non topographiques apparaissent le plus souvent en tant qu'additions aux cartes ordinaires, ainsi que l'indique Robinson : « *occasional thematic additions had been entered on otherwise general maps, but the idea of making a map solely for the purpose of showing the geographical structure of one phenomena seems not to have occured to anyone*[39] ». Dès lors, il n'est pas essentiel de faire porter le débat sur la distinction entre précisions topographiques et additions thématiques : les cartes, nées de nouvelles curiosités géographiques aux XVIIe et XVIIIe siècles, sont des cartes hybrides, au contenu enrichi par rapport aux cartes antérieures, mais dont le code n'est pas encore détaché de la description traditionnelle. Dans cette période transitoire, s'il y a déjà une approche thématique, elle ne se traduit encore que par la surcharge, et non par un sytème graphique autonome et exclusif. Robert de Vaugondy, au XVIIIe siècle, témoigne de cette multiplication des signes ponctuels surimposés. Il s'élève contre le procédé, appliqué aux cités : « À quoi bon charger les positions de villes considérables de tant de marques hiéroglyphiques, qui n'offrent aux yeux qu'un amas confus ? Elles exigent une étude particulière et rebutante des nomenclatures que l'on avait coutume de faire entrer dans l'angle d'une carte pour servir d'explication. L'on a présentement assez de secours dans les méthodes et les dictionnaires géographiques, où se trouvent toutes les prérogatives et qualités appartenantes aux villes de remarque[40] ».

De Vaugondy envisage plutôt ici les précisions sur le caractère juridique ou religieux des villes, mais le phénomène de surcharge s'observe pour d'autres données, en d'autres lieux. L'exemple le plus significatif d'addition thématique est fourni par les cartes minéralogiques du XVIIIe siècle. Si l'on considère certaines cartes de Philippe Buache, les planches de l'atlas de Guettard et Monnet, ou la carte minéralogique de Dupain-Triel de 1781[41], on observe qu'elles conservent tous les éléments de la carte générale, villes, divisions

37. *P. Claval, 1972, p. 103.*

38. *« La carte thématique présente une organisation mentale de l'espace : elle généralise et réordonne les informations au-delà de leurs limites originales, pour exprimer visuellement des vérités plus abstraites. » E. Clutton, 1983, p. 42.*

39. *« Sur des cartes par ailleurs générales, on a pu introduire des additions thématiques occasionnelles, mais l'idée de réaliser une carte uniquement dans le but de montrer la structure géographique d'un phénomène ne semble être venue à l'esprit de personne. » A.H. Robinson, 1982, p. 17.*

40. *R. de Vaugondy, 1755, p. 242-243. Cité par F. de Dainville, 1964, p. 326.*

41. *P. Buache, « Carte minéralogique ou l'on voit la nature des terreins du Canada et de la Louisiane », dans* Mémoires de l'Académie des Sciences, *1752, planche VII (opp. p. 220).*
J.E. Guettard, A.G. Monnet, Atlas et description minéralogique de la France, *1re partie, Paris, 1780. (l'atlas comprend 40 cartes ; les 16 premières feuilles sont publiées dès 1777.)*
C. Dupain-Triel, Carte minéralogique de la France, *Paris, 1781.*

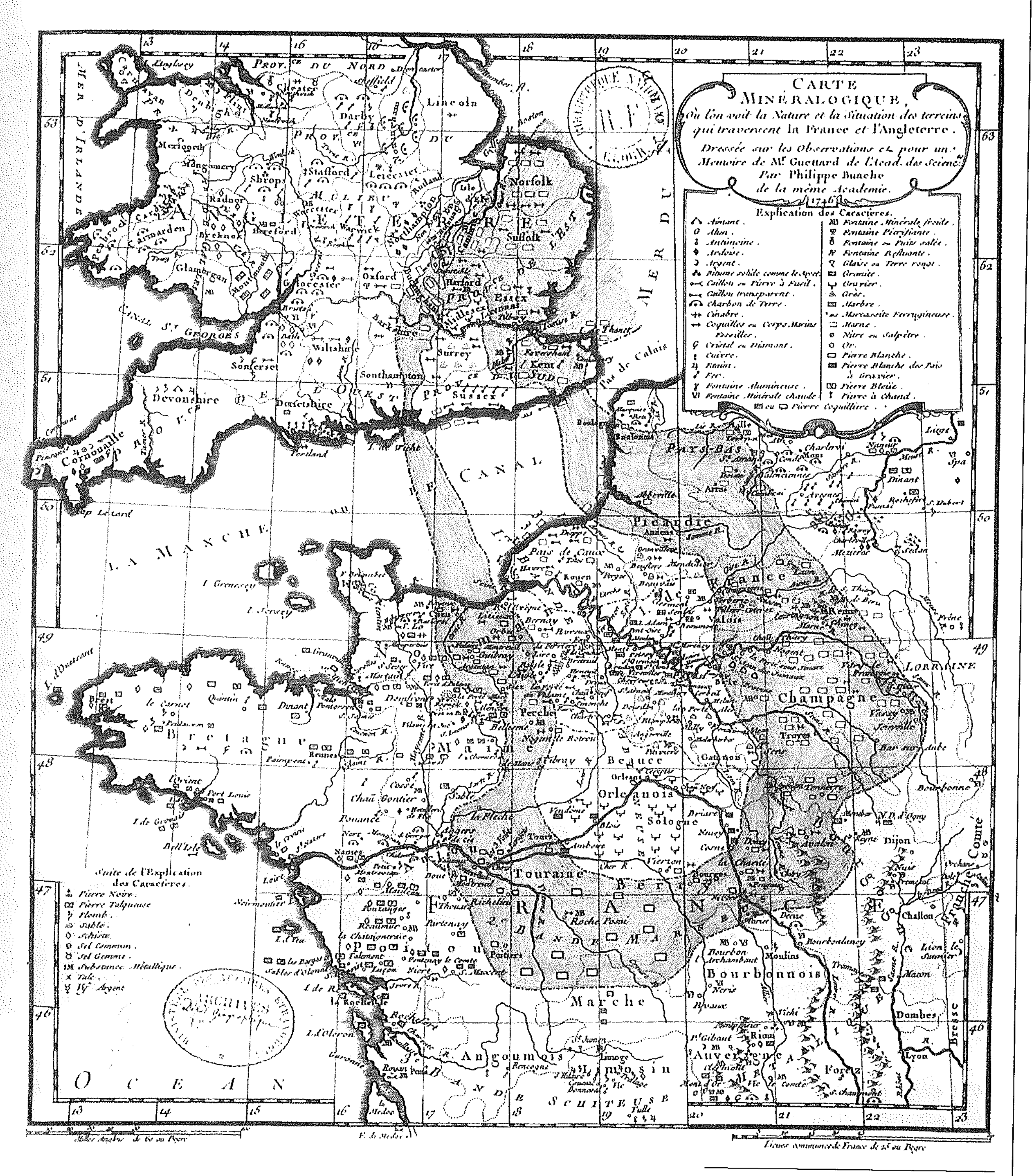


Fig. 7. P. Buache, *Carte minéralogique…*, 1746. (Cliché : B.N., Service photographique.)

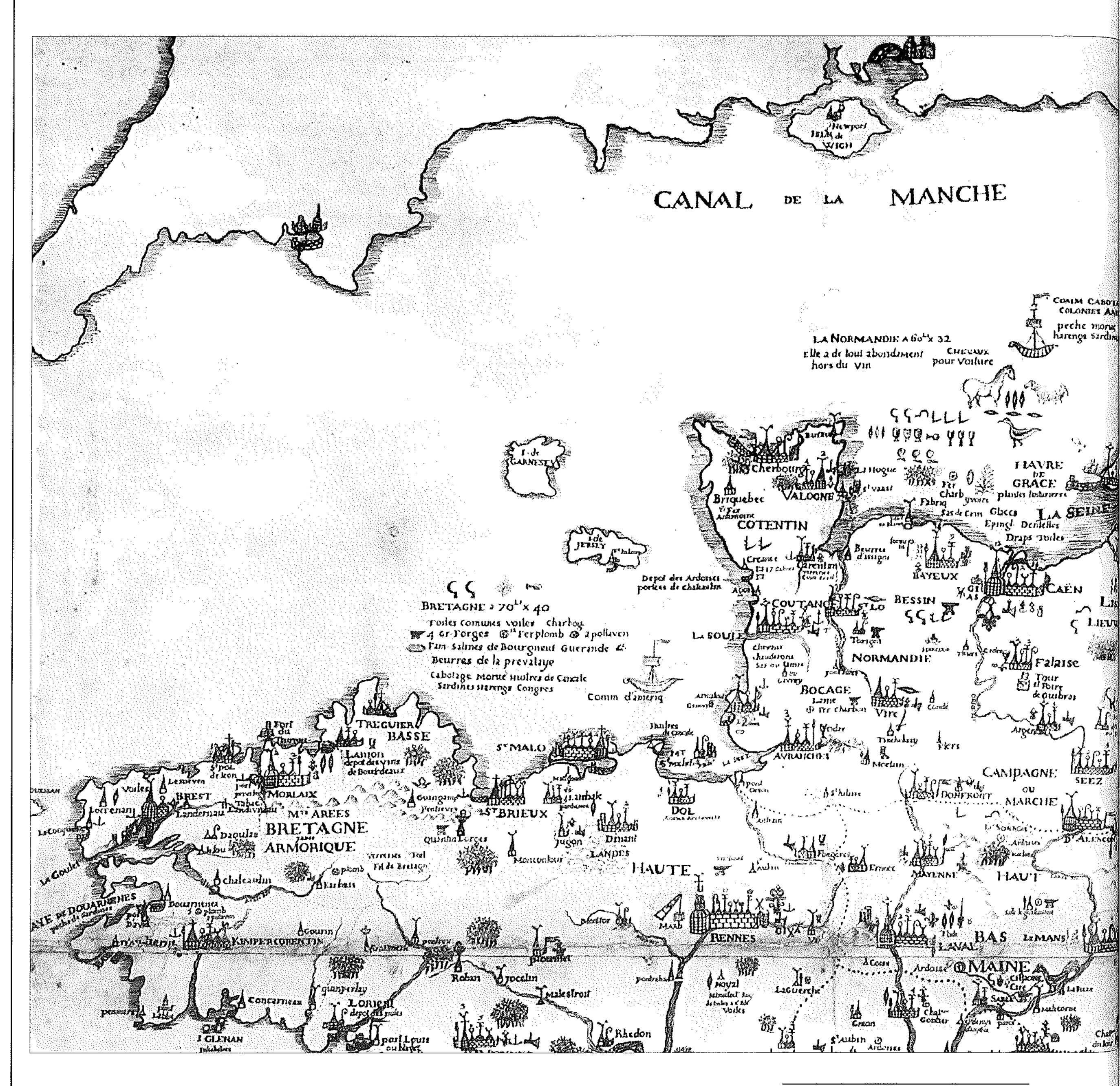


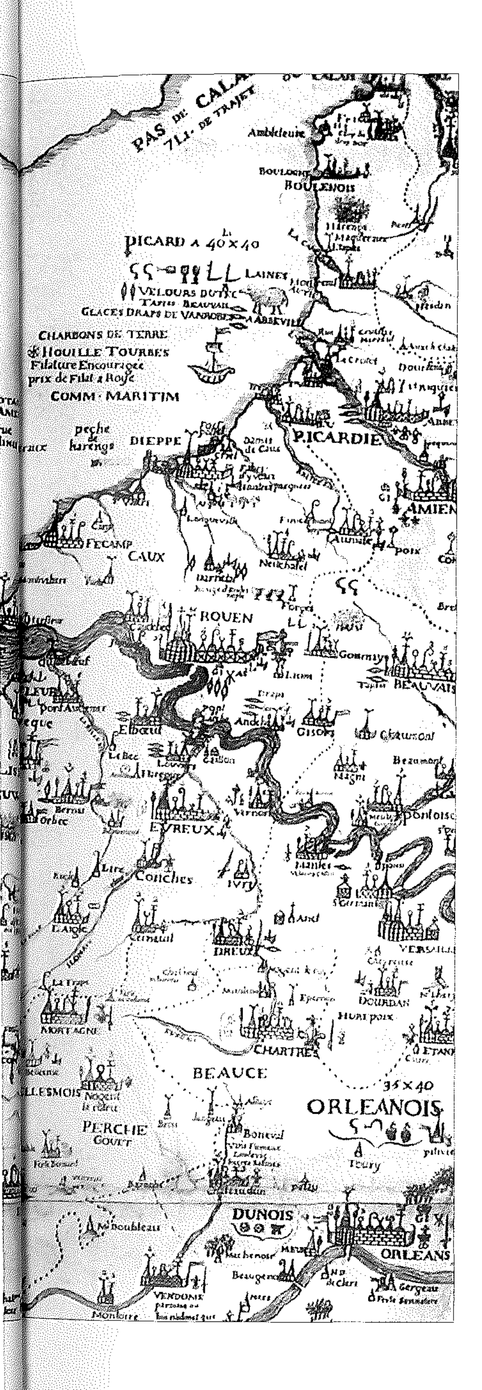
Fig. 8. Anonyme, *(Carte économique de la France)*, fin XVIIIe, détail. (Cliché : B.N., Service photographique.)

administratives, hydrographie et parfois relief... Les auteurs ne font qu'y adjoindre des informations sur le sous-sol, à travers des surcharges ponctuelles, selon une gamme de symboles parfois très grande. Roy C. Boud remarque les mêmes particularités pour les premières cartes minéralogiques anglaises, de Christopher Packe ou Andrew[42]. Ceci fonde une ambiguïté que souligne Robinson : « *geological maps generally combine characteristics of both the general and the thematic, and it is often difficult to place them in one category or the other*[43] ».

L'agencement zonal des roches du sous-sol n'est exprimé qu'exceptionnellement, et curieusement avec la plus précoce de ces cartes. Buache dresse en

42. *R.C. Boud, 1975, p. 73-95.*

43. *« Les cartes géologiques combinent généralement des caractéristiques et générales et thématiques, et il est souvent difficile de les classer dans l'une des caté-*



1746, d'après les observations de Guettard, la *Carte minéralogique où l'on voit la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre*. Dans celle-ci, il extrapole la disposition minéralogique en trois bandes concentriques : « sablonneuse », « marneuse », « schisteuse ou métallique » (figure 7). C'est une des rares fois où la cartographie du XVIIIe siècle s'écarte des additions thématiques occasionnelles et ponctuelles. Celles-ci demeurent cependant le moyen le plus fréquent pour traduire de nouveaux phénomènes, et intéressent bien d'autres domaines : astronomie, météorologie ou phénologie. On les retrouve encore, bien que le fait soit plus rare, pour exprimer des informations relatives à l'économie ou au commerce, ainsi qu'en témoigne une œuvre anonyme de la fin du siècle, qui décrit les productions agricoles, minières et manufacturières, de chaque province française (figure 8). Cette carte, manuscrite et inachevée, a été étudiée par M. Foncin, qui en a reconstitué la légende. Elle paraît se fonder sur les renseignements fournis par le *Dictionnaire universel de la France* de Robert Hesseln, publié en 1771. Le système graphique est d'une grande originalité, puisque le lecteur peut apprécier l'importance des productions, un même symbole ponctuel étant parfois doublé ou triplé pour certaines provinces[44].

L'inertie du langage graphique

Dans la plupart des cas, les cartes spéciales présentent des caractères suffisamment différents de ceux des cartes thématiques modernes pour qu'il paraisse préférable de les considérer comme formant un groupe mixte, de transition. Elles témoignent de progrès incontestables, « progrès d'explicitation[45] », ainsi que l'écrit Dainville, mais obtenus sans profonde rupture avec la conscience descriptive antérieure. La nouveauté de l'esprit sélectif ne s'applique encore, dans les cartes singulières, qu'à des phénomènes du ressort de la cartographie topographique. Les cartes hybrides sont le plus souvent conçues dans le cadre de la description géométrique globale : les données topographiques ne sont pas exclues, mais complétées, surchargées. Ces cartes, originales par bien des aspects, conservent des traits qui les rattachent encore au traditionnel inventaire du monde, à la géographie de position classique. L'évolution propre à la topographie est elle-même trompeuse : la carte a d'autant plus de chances de représenter des objets rarement figurés jusqu'alors qu'elle gagne en précision, mais le regard sur l'espace terrestre s'en trouve-t-il pour autant bouleversé ?

Les cartes spéciales, ou para-thématiques, constituent la solution de continuité de la cartographie moderne. Leur existence en tant que groupe à part entière, dans l'histoire de la cartographie, se comprend d'un double point de vue théorique, scientifique et graphique. Scientifiquement, les additions thématiques, solutions souvent retenues pour traduire de nouvelles informations, sont adaptées au ponctualisme, à la discontinuité des observations. Pour que des conceptions scientifiques soient communiquées par des cartes thématiques, H. Wallis remarque que plusieurs étapes préparatoires sont nécessaires : d'abord la collecte d'un corpus suffisant de données, puis son

gories plutôt que dans l'autre. » A.H. Robinson, 1982, p. 86.

44. *La carte, sans titre, est conservée à la Bibliothèque nationale (cote Rés. Ge A 1106). Voir son analyse par M. Foncin, 1965.*

45. *F. de Dainville, 1964, p. 325.*

organisation en un système cohérent[46]. Les cartes minéralogiques, précédant les cartes géologiques du XIXe siècle, peuvent se comprendre en fonction de ce schéma de construction d'un savoir scientifique. Mais les formes de cartographie mixte renvoient surtout au poids de la tradition en matière de représentations. Il faut admettre que la description traditionnelle du monde visible inhibe l'approche thématique. Le recensement « topographique » des places et positions, longtemps l'unique souci en cartographie, retarde l'exploitation de thèmes nouveaux, mis en lumière par les progrès scientifiques ou les nouvelles préoccupations utilitaristes, et freine donc le développement d'un langage autonome par rapport au visible, au concret. Le graphisme en est réduit à des expédients qui s'inspirent d'ailleurs directement de l'héritage topographique : la multiplication des symboles ponctuels.

46. *H. Wallis, 1973, p. 262.*

Nous avons évoqué en introduction ces grands types de cartes que Caron définit comme figeant une vision du monde, pour longtemps. Dans le cas présent, de Nicolas Sanson à la dynastie des Cassini, en fait depuis la Renaissance, s'est fixé « un certain système de connaissance », s'est imposée en cartographie « une grille d'interprétation » ayant « l'autorité de la parole dite[47] ». L'interprétation passe par un langage graphique qui présente évidemment les mêmes pesanteurs. La communication cartographique n'est pas en cela différente des autres formes de communication visuelle. Le code engendre ce que le sémioticien Eco définit comme des crampes de la perception : « nous sommes portés à voir les choses comme les signes iconiques stéréotypés nous les ont depuis longtemps présentées[48] ». Sur ce point, l'évolution historique de la cartographie se rapproche de celle du langage artistique des sociétés. Il est problématique, en cartographie, de concevoir comme de percevoir des signes nouveaux, en contradiction avec le système de signes préexistant, perturbant les habitudes perceptives. Nous y reviendrons en traitant du langage de la cartographie quantitative.

47. *R. Caron, 1980, p. 10.*

48. *U. Eco, 1972, p. 183.*

Les cartes marines : une cartographie thématique des « places vides »

La mer, support d'une expérimentation graphique

Non seulement il n'est pas aisé, sur le plan du concept comme celui des représentations, de passer d'un code analogique à un langage abstrait, mais les centres d'intérêt scientifiques et géographiques, même étendus, en fournissent peu le motif. La géographie reste à l'époque moderne la science des lieux, et la cartographie, un art du positionnement. Un domaine cependant réclame le recours à un langage dégagé des conventions topographiques : c'est celui des cartes marines. On y figure progressivement, à partir de la fin du XVIIe siècle, des phénomènes qu'il est alors utile de connaître pour la navigation, et qui ne s'inscrivent pas matériellement et géométriquement à la

surface de la terre. Cette cartographie intéresse principalement le magnétisme, les vents, les courants.

De telles cartes ont été imaginées assez tôt : le père J. François, en 1652, invitait déjà les cartographes à figurer « l'horizon avec les vents peints comme des bouches soufflantes [...], les vents réguliers, perpétuels, anniversaires, semestres... [...], les courants et autres mouvements de la mer [...], les déclinaisons de l'aimant en divers endroits de la mer, et de la terre[49] ». L'idée est reprise par Lubin en 1678 : « il serait ensuite nécessaire de marquer le plan de chacun des vents sur la carte marine, et d'y graver toutes les observations dont je viens de parler[50] », c'est-à-dire leur direction, leur « longueur », leur « largeur », leur saison... Guillaume Sanson prône encore le dessin de cartes des courants, dans son *Introduction à la géographie* de 1681[51]. Ces cartes apparaissent toutefois comme fort complexes à réaliser. Ainsi, pour la représentation des vents : « l'entreprise en serait fort nouvelle et très difficile, mais non pas impossible, et elle en serait plus glorieuse à celui qui la pourrait réaliser[52] ». En effet, en dehors de la mesure problématique de tels phénomènes, les moyens graphiques pour les traduire ne sont guère développés. De manière caractéristique, les auteurs ne peuvent évoquer que des procédés issus de la topographie, ou des signes proches des décorations figuratives : ainsi, François et Sanson proposent pour les courants « des fleuves tracés au milieu de la mer » ou « des navires orientés vers le lieu d'abord, avec des lignes ponctuées pour montrer la zone parcourue[53] ». Il est par ailleurs révélateur de trouver sous la plume de Lubin l'évocation de la longueur et de la largeur des vents : le thème est, au moins partiellement, rapporté à la cartographie en deux dimensions.

49. *J. François, 1652, p. 359.*

50. *A. Lubin, 1678, p. 281.*

51. *Cité par F. de Dainville, 1964, p. 105.*

52. *A. Lubin, 1678, p. 281.*

53. *Cité par F. de Dainville, 1964, p. 105.*

La réalisation de cartes marines thématiques n'est en fait que peu antérieure à 1700. Le développement de la navigation, des activités commerciales et coloniales, a permis de multiplier les observations relatives à la déclinaison magnétique, aux vents et aux courants. Les connaissances empiriques des pilotes s'inscrivent, non sans retard, dans le savoir scientifique de la fin du XVIIe siècle. Mais ces connaissances concernent une portion de la surface du globe qui constitue une page blanche, sur laquelle on peut créer des signes et symboles qui ne s'opposent pas aux éléments d'une description géométrique : dans un espace qu'aucun objet visible ne différencie, le cartographe qui veut porter des repères ne peut le faire qu'à travers des signes fictifs, portant *connaissance* d'un phénomène.

Ce n'est pas la première fois dans l'histoire de la cartographie que les étendues maritimes deviennent le lieu de l'expérimentation et de l'innovation graphique. Le désir d'organiser et de rationaliser cet espace indéterminé s'est exprimé dès la fin du Moyen Âge et au cours de la Renaissance avec les portulans. Jacob remarque à propos du *Grand Insulaire* d'André Thévet, du XVIe siècle : « La mer seule est recouverte par les lignes de rhumb, comme si la neutralité géographique et sémiologique de cet espace motivait la surcharge géométrique[54]. » Le père de Dainville, relevant l'antériorité des isobathes sur les isohypses, s'exclame à propos de l'expression du relief : « Comment n'être pas frappé de l'avance considérable des cartes de mer sur les cartes ter-

54. *C. Jacob, 1992, p. 170.*

restres ?[55] ». Ainsi qu'il l'exprime avec poésie, « il n'est point banal que les courbes de niveau de nos cartes sortent de l'onde, telle Aphrodite, pour monter jusqu'aux neiges éternelles. Tout de même que souvent les montagnes se sont formées au fond des mers et surgi des fosses de l'océan, ainsi la représentation de leur relief est sortie de l'effort des hommes pour connaître la profondeur des eaux[56] ».

Cette avance des cartes marines se vérifie donc en matière de représentations thématiques. Elle ne nous paraît pas fortuite : si les caractères thématiques naissent dans l'onde, comme les courbes de niveau, c'est qu'aucune contrainte de représentation ne s'y exerce. La mer porte en elle-même la solution du problème de l'abstraction du réel, elle est le lieu privilégié du développement d'un nouveau langage graphique, son laboratoire. Comme dans le désert, le cartographe n'y trouve aucune *place* ; il n'est plus confronté aux difficultés apportées par la multiplication des objets, confusion et imprécision. Mais l'océan est parcouru, utilisé, et doit être rendu intelligible. Avant 1800, le cartographe ne conçoit le plus souvent la figuration des données thématiques qu'en certaines places vides, en raison des contraintes imposées par la grille de lecture de la description géométrique. À cet égard, les conseils de François pour tracer vents, courants, et déclinaisons magnétiques paraissent révélateurs : « outre les parties de ces trois divisions [de la géographie *i.e.* locales, naturelles et civiles], on peut mettre en *quantité de places vides* certains accessoires, qui serviront, et d'ornement aux globes et cartes, et d'instructions aux spectateurs[57] ».

55. *F. de Dainville, 1958, p. 107.*

56. Ibid., *p. 209.*

57. *J. François, 1652, p. 209.*

Les cartes d'Edmond Halley

À l'époque où écrivent François ou Lubin, le père jésuite allemand Athanasius Kircher décrit la méthode des lignes isogoniques (courbes joignant les points d'égale déclinaison magnétique) dans la troisième édition de son traité *Magnes, sive de Arte Magnetica*, de 1654. Kircher indique qu'en 1630, le jésuite milanais Christoforo Borri aurait tenté de dessiner des isogones. Lui-même affirme disposer de tous les éléments pour dresser une carte par isogones, mais prétend que le coût d'impression fait obstacle à sa publication. Dans l'ouvrage *Mundus Subterraneus* de 1665, Kircher esquisse également une représentation des courants marins[58]. L'Allemand Happel fait de même en 1685[59]. Toutefois, les cartes évoquées ici portent des renseignements hautement fantaisistes et relèvent plus de systèmes d'interprétation philosophique du monde que d'observations concrètes. Les premières tentatives sérieuses de réalisations thématiques dans le domaine des cartes marines sont certainement à mettre au crédit du savant anglais Edmond Halley. En 1686, il dresse une première carte des vents océaniques[60], puis, à l'issue de son voyage scientifique sur le Paramour (1698-1700), sa fameuse carte des déclinaisons magnétiques : *A New and Correct Chart Shewing the Variations of the Compass in the Western and Southern Ocean*, datée de 1701 (figure 9). Il s'agit de la première carte par lignes isogoniques, qui peut être prise comme point de départ du langage moderne de la cartographie thématique. A. von

58. *Voir F. de Dainville, 1964, p. 105.*

59. Cf. *A.H. Robinson, 1982, p. 46.*

60. *Sans titre, cette carte est connue comme « Halley's Chart of the Trade Winds ». Sur l'œuvre cartographique de Halley, voir N.J. Thrower, 1969, p. 652-676.*

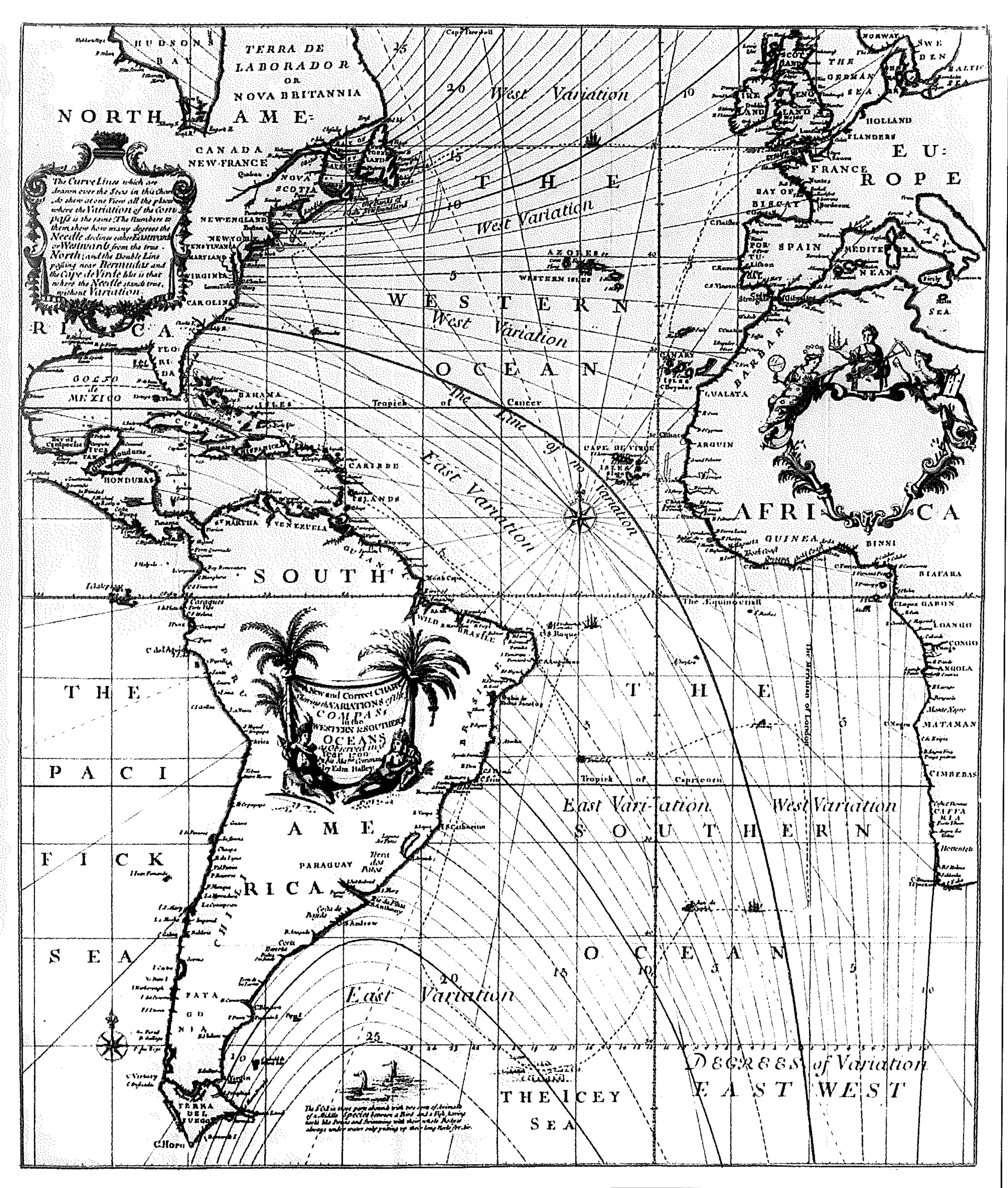
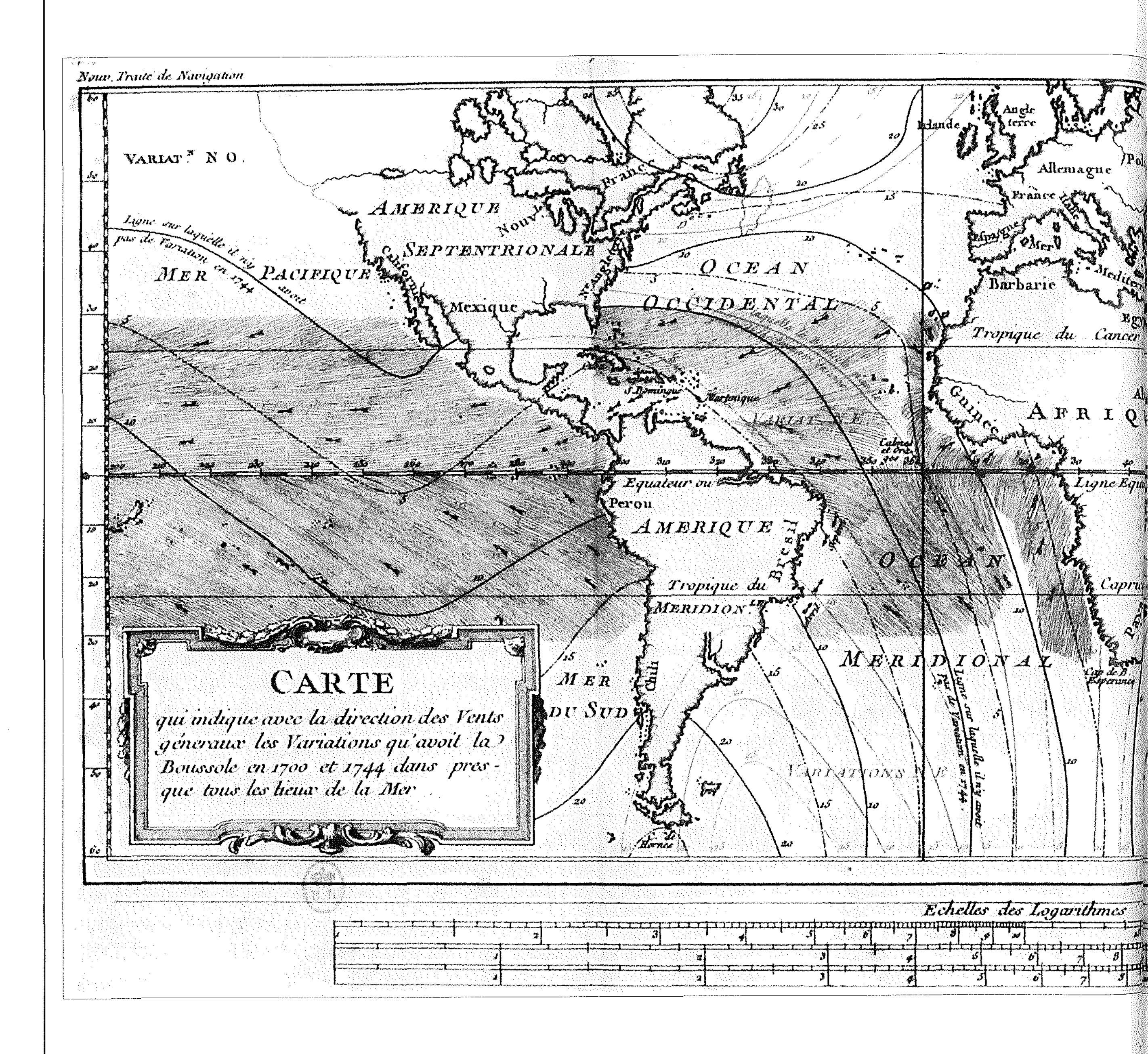


Fig. 9. E. Halley, *A New and Correct Chart shewing the Variations of the Compass in the Western and southern Oceans*, 1701. (Cliché : British Library.)



Humboldt s'en inspire directement lorsqu'il crée les courbes isothermes, au début du XIXe siècle.

Halley est d'ailleurs convaincu de la nouveauté et de l'efficacité de son procédé : « *What is properly New, is the Curve Lines drawn over the several seas, to shew the degrees of the Variation of the Magnetical Needle, or Sea Compass : which are designed according to what I my self found [...] or have collected from the Comparison of several Journals of Voyages* [61] ». L'œuvre de Halley mérite une attention particulière car elle est largement diffusée sur le continent et notamment en France, au cours du XVIIIe siècle. Les cartes sont reproduites dans des atlas, tels ceux de Renard ou de Prétôt [62], et des

61. « *Ce qui est véritablement nouveau, ce sont ces lignes courbes tracées sur les diverses mers, pour montrer les dégrés de variation de l'aiguille aimantée, ou boussole : elles sont dessinées en fonction de ce que j'ai personnellement observé [...] ou rassemblé en comparant plusieurs journaux de bord.* » *Ces remarques sont extraites de la notice d'une seconde version de la carte, de 1702, dans laquelle le*

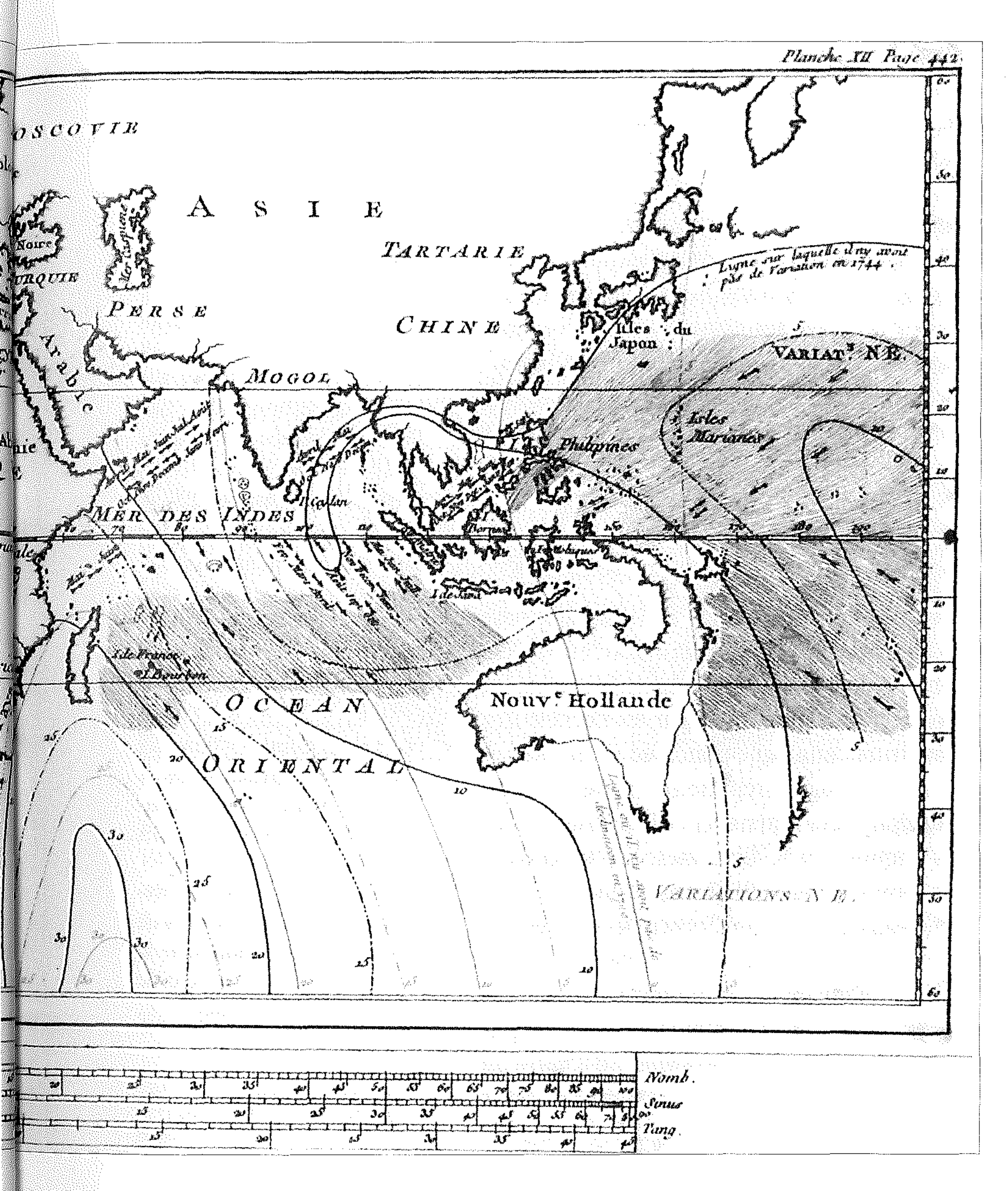


Fig. 10. M. Bouguer, *Carte qui indique avec la direction des Vents généraux les Variations qu'avoit la boussole en 1700 et 1744 dans presque tous les lieux de la mer*, 1753. (Cliché : B.N., Service photographique.)

traités, comme la *Géographie générale* de Varénius éditée en français en 1755. Par ailleurs, peu après 1710, la carte du magnétisme de 1701 est copiée et publiée par un auteur français resté anonyme, sous le titre : *Carte des variations de l'aiguille dans l'océan occidental et méridional suivant les observations faites en 1700 par Edmund Hallei.* En 1760 encore, le chevalier de Beaurain dresse la version augmentée d'une autre carte de Halley, se rapportant aux courants et marées du Channel : *Carte de la Manche et du canal qui sépare les côtes de France d'avec celles d'Angleterre [...], l'on y a marqué les courans avec une méthode pour connoitre dans tous les endroits de cette carte l'heure de la marée [...] d'après les observations du Sçavant Capi-*

tracé des isogones est étendu à l'Océan Indien : A New and Correct Sea Chart of the Whole World Shewing the Variations of the Compass as they were found in the Year MDCC.

62. *L. Renard,* Atlas de la navigation et du commerce qui se fait dans toutes les parties du monde, *Amsterdam, 1739. P. de Prétôt,* Atlas universel pour l'étude de la géographie, *Paris, 1787.*

taine Haley[63]. En dehors de Halley, d'autres savants étrangers ont eu une influence sur les cartographes français. C'est le cas de Benjamin Franklin, qui trace en 1768 sa célèbre carte du Gulf Stream, avec l'aide du capitaine Timothy Folger. Or, c'est en France que la carte, traduite, est pour la première fois gravée et éditée, vers 1785, par Le Rouge[64].

Vents, courants et magnétisme entrent donc en cartographie, et font dès lors l'objet de nombreuses représentations, tandis que se complètent les observations. Le système graphique de ces cartes thématiques mêle la tradition, parfois figurative (les vents comme des bouches soufflantes ou les courants comme des fleuves traversant les océans), et l'innovation, comme en témoignent les lignes isogoniques. La cartographie française, après un temps d'imitation, propose des réalisations originales, sur les vents, les courants ou le magnétisme.

Les cartes marines françaises

En 1740, Philippe Buache dessine une *Carte d'une partie de l'Amérique pour la navigation* sur laquelle figurent les vents. Il explique en légende : « L'espace renfermé entre la ligne ponctuée ainsi -.-.-.- est celui où règnent les Vents Alizés ou Généraux dont la direction est marquée par les flèches. Les Vents Variables ou de Terre règnent entre cette ligne ponctuée et les côtes ».

Dans son traité de navigation de 1753, Bouguer représente les vents océaniques par un réseau de lignes traduisant leur extension et leur orientation, et des flèches donnant leur sens (figure 10)[65]. Une méthode graphique proche est utilisée par le chevalier Grenier, dans ses cartes des courants de l'Océan Indien de 1770 et 1776[66], réalisées à partir d'observations personnelles.

Le magnétisme reste le thème le plus exploité par la cartographie thématique marine, car le corpus d'informations est le plus complet et le procédé graphique bien établi. Delisle, en 1720, surcharge sa *Mappemonde à l'usage du Roi* des variations de l'aiguille aimantée, et réalise une quinzaine de cartes manuscrites sur les déclinaisons magnétiques observées entre 1604 et 1776 par divers voyageurs. Pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle, des cartes du même type, qui adoptent la méthode des « *curve lines* » de Halley, sont dressées par Bellin, Levant, Dezauche ou le comte de Buffon[67]. Les courbes sont cotées et la gravure distingue des courbes maîtresses. Seul le sens de la variation de l'aiguille aimantée reste exprimé par l'écriture sur la carte (voir en figure 11 l'exemple de Bellin). Certaines de ces cartes sont même polythématiques : vents et courants (Grenier), ou vents et magnétisme (Bouguer, Bellin). Ces quelques exemples confirment que les phénomènes traduits sont quasiment toujours du ressort de la carte marine, même s'ils possèdent une dimension terrestre virtuelle (vents, magnétisme). Nous ne connaissons qu'une exception à cette règle, la *Carte des vents qui sont propres à la province du Languedoc* d'Astruc, de 1737, signalée par de Dainville[68]. Les cartographes du XVIIIe siècle ne tracent pas de cartes terrestres par isogones : qui en aurait l'usage ? Il s'agit moins de figurer la distribution spatiale d'un phé-

63. *La carte originale de Halley, de 1702, porte pour titre :* A New and Correct Chart of the Channel between England and the France [...] with Every Flowing of the Tydes, and Setting of the Current.

64. [Carte du Gulf Stream], *Paris, Le Rouge, s.d. Cette carte, conservée à la Bibliothèque nationale, porte au dos la mention manuscrite : « communiqué par Mr de Franquelin en 1778 ». Sur Benjamin Franklin et sa carte du Gulf Stream, voir : L. de Vorsey, 1976 ; P.L. Richardson, 1980.*

65. *M. Bouguer, « Carte qui indique avec la direction des vents généraux les variations qu'avait la boussole en 1700 et 1744 dans presque tous les lieux de la mer »,* Nouveau traité de navigation, *Paris, 1753, planche XIII.*

66. *J.R. de Grenier, « Carte des courants de l'Océan Indien », jointe aux* Mémoires de la campagne des découvertes dans les mers de l'Inde, *Brest, 1770.*
J.R. de Grenier, Carte du système des courants des mers de l'Inde dans le temps de la mousson du N. E. au nord de la ligne [équinoxiale], *s.l., 1776.*

67. *J.N. Bellin,* Carte des variations de la boussole et des vents généraux que l'on trouve dans les mers les plus fréquentées, *1765.*
Levant, Nouveau plan des variations qui correspond depuis le cap de Bonne Espérance jusqu'au cap de Naze, et depuis la Terre de Feu à celle de Labrador, *1776.*
J. Dezauche, Carte générale des méridiens et de l'équateur magnétique sur l'année 1778, *s.d.*
G. de Buffon, Traité de l'aimant et de ses usages, *Paris, 1788, 8 cartes h.-t.*

68. *F. de Dainville, 1964, p. 93.*

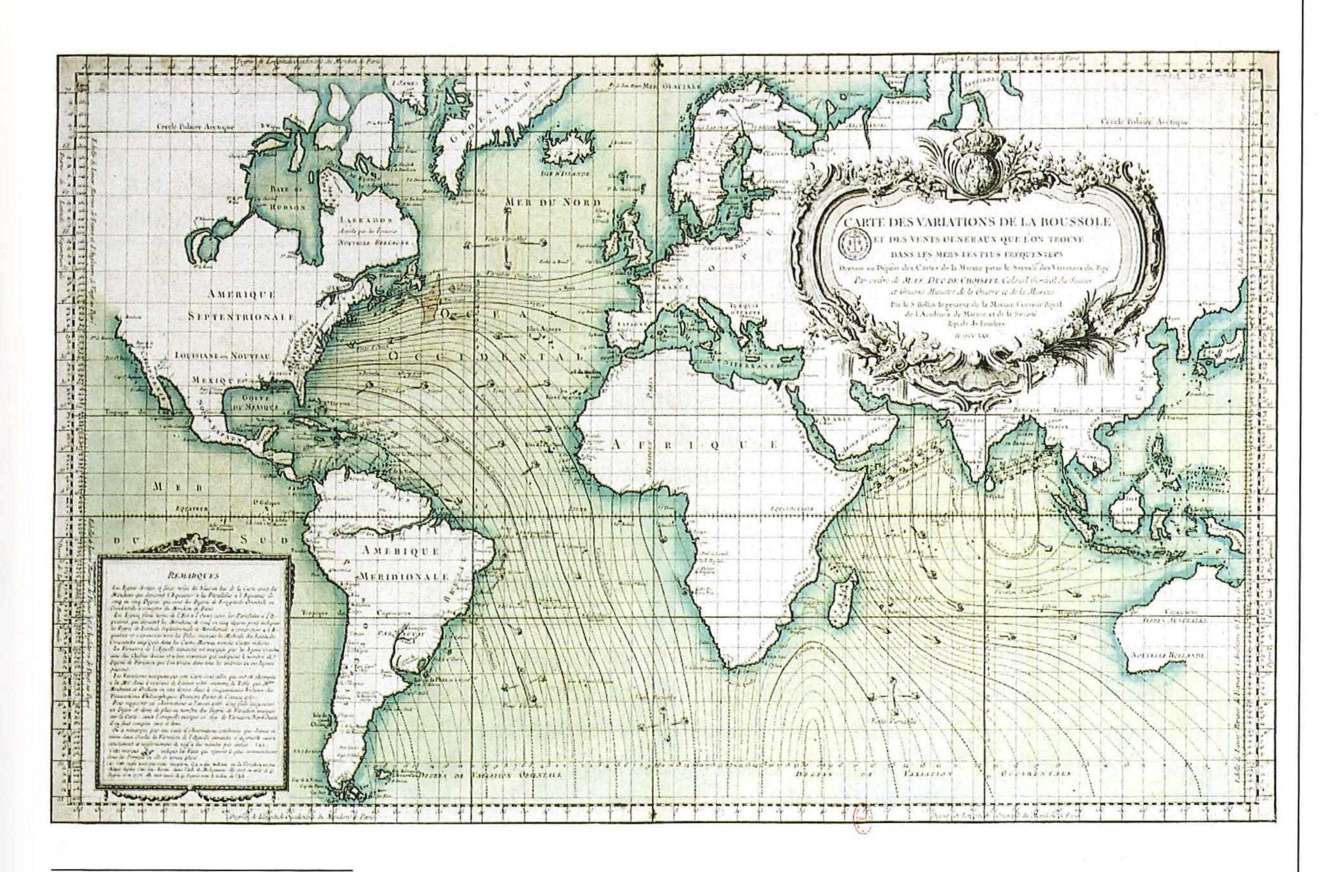


Fig. 11. J.N. Bellin *Carte des variations de la boussole et des vents généraux...*, 1765. (Cliché : B.N., Service photographique.)

nomène que d'offrir, avec la variation de l'aiguille, un substitut à ces positions et repères qui manquent en pleine mer. La conscience géographique classique a somme toute sa part dans cette cartographie marine, mais il reste que les nécessités de la navigation font naître de véritables cartes thématiques, quelles que soient les restrictions apportées à la définition de cette catégorie de cartes. Ici, outre l'esprit sélectif, le langage graphique rompt avec les expressions du monde visible, et se caractérise par l'emploi d'une variable visuelle « en élévation [69] ». Malgré la persistance d'archaïsmes dans les figurés, la graphique s'essaie progressivement à la traduction de thèmes sans véritable dimension optique.

En conséquence, le système est porteur de nombreuses innovations, comme l'emploi de la courbe isarithme, de réseaux de lignes orientées ou la délimitation zonale des phénomènes, s'opposant aux indications thématiques ponctuelles rencontrées jusqu'ici. Ce symbolisme sera repris au XIXe siècle pour la cartographie d'autres phénomènes naturels. Les cartes marines constituent donc un maillon important dans l'évolution du langage cartographique. En ce qui concerne l'expression de la quantité économique ou démographique, d'autres sources peuvent cependant être évoquées.

69. *Une variable en élévation (variable de troisième dimension ou variable rétinienne) est distincte des deux dimensions du plan, exprimant la composante géographique (variation de position dans le plan). Voir J. Bertin, 1973, p. 42 et p. 63.*

Perception et expression de la quantité

La quantité en deux dimensions

La carte marine diverge d'avec la cartographie des places et lieux sans que l'on puisse pour autant remettre en cause l'analyse globale de la cartographie classique. Pour l'essentiel, la mutation thématique n'est pas accomplie en cartographie, ainsi qu'on peut l'observer, non seulement à partir du langage graphique, mais également des importantes lacunes dans la description de la terre. Paradoxalement, tandis que le père de Dainville relève l'anthropocentrisme de la vision du monde, et indique que la géographie ne peut se concevoir qu'humaine, les thèmes issus de ce que nous désignons comme les sciences humaines sont exclus par la pensée classique. « Avant la fin du XVIIIe siècle, l'homme n'existait pas, affirme Foucault, l'épistémè classique s'articule selon des lignes qui n'isolent en aucune manière un domaine propre et spécifique de l'homme [70] ». Ainsi le cartographe ignore les phénomènes de nature économique ou démographique, et plus généralement la dimension quantitative en sciences de l'homme. « Les meilleures cartes parviennent à représenter avec exactitude la répartition et l'étendue des lieux habités, mais ne se soucient pas d'exprimer l'ordre de grandeur de la population. La quantité n'a guère encore, en cartographie, que deux dimensions [71] ». L'homme n'est pas parvenu à poser un rapport conventionnalisé entre le symbole graphique et tel phénomène quantitatif. Mais pourquoi figurerait-on les quantités, demande le père de Dainville, puisque personne autour des cartographes n'y porte intérêt ? Elles ne sont donc exprimées qu'à travers les deux dimensions qui correspondent à la traduction plane de l'étendue des objets. Pour reprendre l'exemple des établissements humains, le *Tableau des villes de France*, de Noël-Laurent Duchemin, en 1777, dans lequel on a pu voir « une véritable carte de l'urbanisme [72] », n'est en fait qu'un développement inattendu de cette règle des deux dimensions, obtenu par le décuplement de l'échelle des villes par rapport à l'échelle des distances (figure 12).

L'homme lui-même, directement présent sur les cartes, nombreuses jusqu'au début du XIXe siècle, qui détaillent les mouvements des corps d'armées, figure selon un rectangle de même longueur et largeur que le terrain occupé par les troupes qui le forment. Comment s'en étonner, si l'on se souvient de la priorité donnée à la description géométrique, au cours d'une période qui se termine justement par le triomphe de celle-ci, avec les règles édictées en 1802 ? La commission réunie à l'initiative du ministre de la guerre, du 15 septembre au 15 novembre 1802, élimine comme nous l'avons vu les dernières traces de la perspective cavalière : le dessin de tous les signes conventionnels, comprenant toutes les natures de culture et d'espaces couverts d'eaux, les lieux habités et constructions de toutes sortes, adopte le principe de la figuration exclusive par projection horizontale [73].

Ainsi, le souci de localiser et de définir prime le souci d'évaluer ou de compter. Le cas des données économiques, notamment des productions, est assez

70. *M. Foucault, 1981, p.319-320.*

71. *F. de Dainville, 1964, p. 336-337.*

72. *F. de Dainville, 1958, p. 461.*

73. Cf. *France. Dépôt Général de la Guerre, Fructidor An XI.*



Fig. 12. N.L. Duchemin, *Tableau des villes de France*, 1777, détail. (Cliché : B.N., Service photographique.)

significatif : celles-ci sont toujours approchées qualitativement, à travers des précisions topographiques ou des additions thématiques. Précisions topographiques, lorsque le signe conventionnel correspond à une position réelle, comme l'illustre la *Carte du département de l'Eure* de 1811, qui précise l'emplacement des forges et fonderies, des filatures de coton, des moulins à papier, à huile, à foulon... Surcharges thématiques, avec par exemple la « carte économique » anonyme de la fin du XVIIIe siècle, évoquée plus haut (figure 8), ou, antérieurement, la *Carte d'une partie des costes maritimes de Provence*, gravée par Perelle vers 1680, qui fournit de multiples précisions sur les produits et les formes de la pêche dans le golfe de La Napoule [74].

Les indications de ce type sont en fait très rares. Si certaines cartes sont en rapport avec les conceptions économiques de l'Ancien Régime, il s'agit bien plutôt les cartes des sites miniers, qui renvoient à l'idéal mercantiliste, et au rapport quasi-obsessionnel aux métaux précieux. Toutefois, on ne saurait oublier parmi les moyens de traduction de renseignements de nature écono-

74. *Voir sur cette carte M. Foncin, 1961, p. 151.*



Fig. 13. Abbé Clouet, *La France commerçante*, 1767. (Cliché : B.N., Service photographique.)

mique, le *scriptogramme*, c'est-à-dire l'écriture sur la carte ou dans ses marges, qui pallie le plus souvent l'absence de réponse graphique face au thème abordé. La pratique est courante, et consacrée au début du XIXe dans le *Mémorial topographique et militaire* : « projections et signes conventionnels ne suffisent pas toujours, ou ne suffisent pas seuls pour indiquer sur les cartes et plans les objets si variés dont on s'efforce d'y rassembler les traces. Il est, dans ces objets, des différences que les projections et signes conventionnels ne peuvent exprimer et pour lesquelles il faudrait admettre, dans ces signes, des nuances, ou qui seraient imperceptibles, ou qui jetteraient dans les caractères du dessin une confusion pénible et contraire au but de ce langage. On emploie alors l'écriture[75] ». Une écriture utile « dans les légendes, sur les pro-

75. *France. Dépôt Général de la Guerre, Fructidor An XI, p. 50.*

jections même, pour exprimer ce que celles-ci laissent d'incertain ou ne peuvent exprimer[76] ». Les décisions de 1802 avalisent une pratique depuis longtemps fort courante. Ainsi des notations plus ou moins vagues ou anecdotiques instruisent des particularités du pays sur bien des cartes du XVIIIe siècle. La légende de la *Carte du diocèse de Béziers*, de Guillaume Delisle, en 1708, mentionne ainsi « Au même lieu (Gabian) il y a une montagne qui produit des pierres qui ressemblent à des diamants [...].Le Montcoudour près de Boussague a des mines de plomb, d'azur, de vernis et de charbon de pierre [...]. Espaniac lieu remarquable pour sa cave où il y a ordinairement 1200 muids de vin [...]. Il y a des manufactures de draps à La Grange des Liez, à Bédarieux, à Roquebrun, à Avêne et à Jaunets ». *La France commerçante* de l'abbé Clouet[77] est tout aussi significative de cette absence d'inventivité au niveau graphique : Clouet écrit en place sur les provinces, « pays fertile en blé », « ce terroir produit abondamment vin, fruits, et de bons pâturages », etc. (figure 13)

Cette pratique est la simple translation vers la carte de renseignements contenus couramment dans les dictionnaires, traités et nomenclatures géographiques. La quantité, économique ou démographique, n'y est jamais abordée que de manière épiphénoménale (*cf.* les « 1200 muids de vin »). Pourtant, sous l'Ancien Régime, l'intérêt pour l'étude et l'exploitation de données quantitatives s'affirme. Ainsi se manifeste « la vitalité d'une discipline qu'on n'appelle pas encore démographie, mais qui atteint à la veille de la révolution, une sorte de première maturité[78] », avec les ouvrages d'Expilly, Messance ou Moheau, sur la population et son évolution. D'autre part, « très progressivement au cours du XVIIIe siècle, la notion et l'utilité des statistiques se précisent[79] » : en liaison avec un pouvoir plus fort et plus centralisé, et la conscience qu'ont certains ministres (Orry, Terray ou Necker) de l'importance des connaissances statistiques en tant que moyens de gouvernement, relevés, enquêtes, et dénombrements se multiplient[80]. Après la Révolution, les structures officielles qui recueillent les renseignements statistiques se consolident encore, grâce aux efforts d'organisation conduits par les ministres de l'intérieur successifs : François de Neuchâteau, Lucien Bonaparte, puis Chaptal.

On trouve bien dans quelques cartes de généralités, circonscriptions financières, des chiffres inscrits à côté de chaque paroisse, précisant le nombre des feux ou le nombre d'habitants[81], mais les cartographes restent dans l'ensemble éloignés de ces préoccupations. Avant 1789, les cartes portant mention de données de population sont exceptionnelles, et montrent les hésitations à faire figurer géographiquement des résultats. L'évolution est nette après la création des départements : plusieurs cartes présentant les nouvelles divisions administratives fournissent alors, en légende ou sur les projections, des récapitulations statistiques précises. En 1794, le *Tableau figuré de la France contenant sa division en Départemens, sa Population et sa Superficie*, indique la population de chacun des départements et chacune des huit régions, de même qu'en 1797 le *Tableau général de la figure, de la superficie et de la population de toutes les parties du territoire de la République Française.*

76. Ibid.

77. *Abbé Clouet, 1761, carte n° 6.*

78. *N. Broc, 1975, p. 445.*

79. *B. Gille, 1980, p. 23.*

80. Ibid., *p. 38-40. Voir également F. de Dainville, 1952.*

81. *Par exemple la carte de La Motte, échevin de la ville d'Honfleur :* Carte de la généralité de Rouen, *1684 (Archives nationales, NN21/1 n° 1133), ou l'anonyme* Carte de la généralité de Lyon, *1762 (Archives nationales, NN195/27 n° 1089). Pour cette dernière, l'auteur indique en légende : « on a marqué en chiffres rouges à côté de chaque lieu le nombre d'habitants de tout âge qui y existent ».*

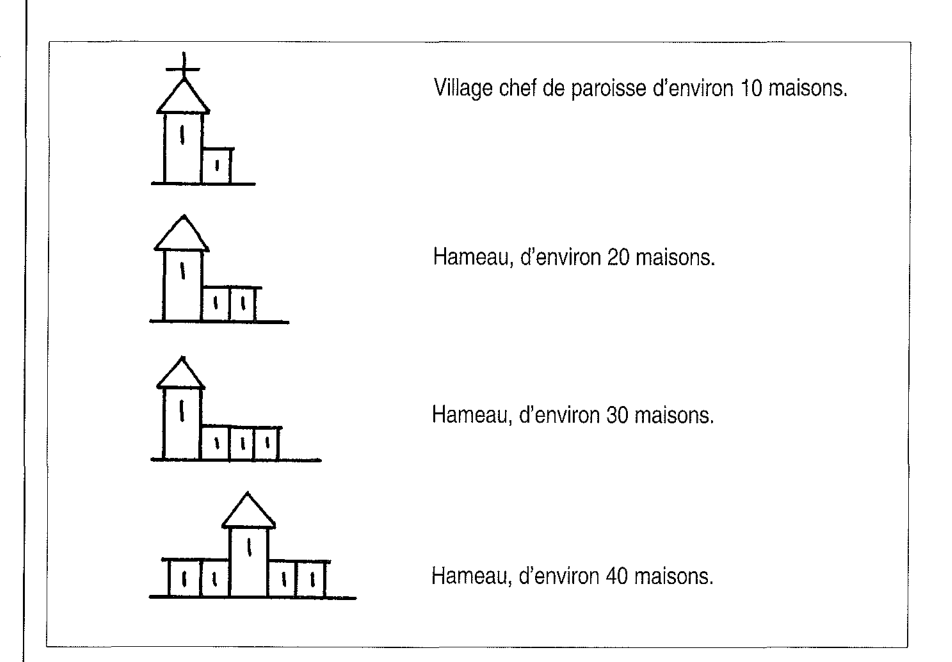


Fig. 14. Légende de la *Carte générale des Sévennes*, anonyme, 1726 (reconstitution d'après F. de Dainville).

En 1806, un *Tableau figuré de la France divisée en 110 départements* informe de la population départementale moyenne par lieue carrée, et s'accompagne de tableaux statistiques concernant les produits du sol, les marchandises exportées, le prix du blé, la population des départements et des « 500 principales villes », etc. Si l'information démographique s'esquisse avec ces cartes, les symboles n'existent pas pour la traduire. La quantité n'est encore approchée, par le signe, qu'à travers les notions de profondeur et d'altitude, et la mise au point par les hydrographes du XVIIIe siècle du système des points cotés et des courbes de niveau.

On ne peut cependant exclure que quelques cartes du XVIIIe siècle aient abordé sous l'angle quantitatif les thèmes économiques ou démographiques, en préfigurant certaines solutions graphiques. Le père de Dainville a pu exhumer une telle œuvre de précurseur : « Pionnier génial, un cartographe anonyme a conçu, dès 1726, dans une *Carte générale des Sévennes*, manuscrite au 1/54 000, la description à la fois quantitative et qualitative de la population de cette région. Il rend sensible l'importance des villages par une gamme de signes faciles à interpréter (figure 14) [...]. En même temps, il exprime par la couleur la qualité religieuse de la population [82] ». Dainville souligne l'originalité graphique de cette carte, « document unique en son genre », qui « introduit pour la première fois [...] dans l'histoire de la cartographie, la figuration de la grandeur d'ordre statistique. Notre auteur devance d'un siècle et demi Levasseur. On peut le considérer comme le précurseur de la méthode moderne dite des points comptés [83] ». Pourtant, le langage graphique utilisé n'est guère représentatif de l'abstraction du réel qui caractérise la cartographie statistique, dans la mesure où les symboles sont issus de la représentation figurative classique des villes. Si des innovations importantes

82. *F. de Dainville, 1964, p. 337.*

83. Ibid.

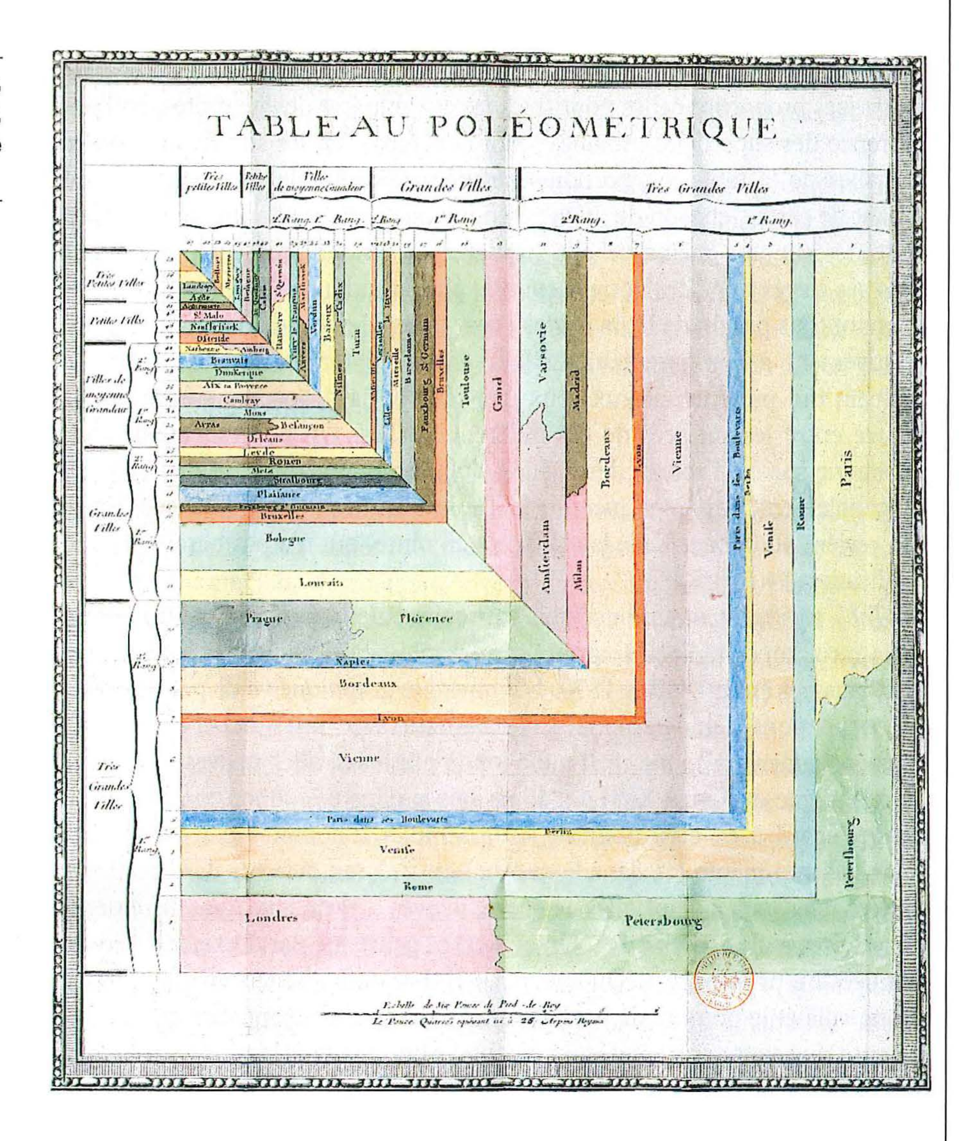


Fig. 15. C. de Fourcroy, *Tableau poléométrique*, 1782. (Cliché : B.N., Service photographique.)

anticipent la cartographie statistique, elles sont avant tout du ressort des graphes, ou diagrammes.

La progression vers l'abstrait : les diagrammes statistiques

Au XIX[e] siècle, pour les statisticiens, cartes et diagrammes forment un tout : la statistique graphique. Des courbes et diagrammes ont cependant été réalisés antérieurement aux cartes quantitatives, provoquant une prise de conscience des possibilités de la graphique. Les « graphes », ainsi qu'on les nomme alors, sont une étape historique et épistémologique essentielle.

CHARLES DE FOURCROY

Au progrès qui s'accomplit sur le plan du langage, il faut associer plusieurs œuvres publiées fin XVIII[e]-début XIX[e]. Parmi celles-ci, l'une des plus remarquables est l'*Essai d'une table poléométrique* de Charles de Fourcroy, daté de 1782.

De Fourcroy est sans doute l'un des premiers à employer des figures géométriques proportionnelles pour traduire et comparer des quantités, en l'occurrence des superficies urbaines : « Si l'on supposait les surfaces de toutes les villes de la table, ou portions mesurées de ces villes, transformées en autant de carrés, chacun de même étendue que l'une ou l'autre de ces villes, et toutes sur une même échelle ; qu'ensuite on appliquât successivement tous ces carrés l'un sur l'autre, depuis le plus grand jusqu'au plus petit, et se joignant tous par un de leurs angles ; ces carrés se déborderaient l'un l'autre relativement à leur grandeur, et leur ensemble formerait une espèce de tableau, qui présenterait aux yeux une idée de la proportion réelle qui se trouve entre les surfaces de ces différentes villes. On pourrait aussi, pour découvrir sur ce Tableau deux villes d'égale grandeur, couper leurs carrés diagonalement, et n'appliquer sur le Tableau que la moitié de chacune ; ce qui revient au même. Telle est la figure ci-jointe, qui n'a pas besoin d'autre explication [84] »(figure 15).

La *Table poléométrique* annonce plus particulièrement, par la stricte utilisation de la variation de taille, les travaux cartographiques des ingénieurs des Ponts et Chaussées entre 1840 et 1870. L'innovation graphique va de pair avec des préoccupations démographiques, s'accordant avec un souci d'urbanisme, d'aménagement raisonné : « Il a été fondé plusieurs villes neuves en France sous le règne de Louis XV [...]. Je ne sais si dans ces circonstances on eut quelqu'égard à ce qu'il pourrait se rassembler d'hommes dans ces villes, mais j'ai moi-même été dans le cas de donner mon avis sur des grandeurs convenables, tant à deux villes de guerre neuves [...] qu'aux agrandissements nécessaires à plusieurs autres. Un avis en ce genre me parut exiger quelques données ou principes [85] ». Ou encore : « Il doit donc exister entre la surface d'une ville et le nombre de ses habitants une certaine proportion plus avantageuse que toute autre, ou qui constitue sa population la plus convenable, question que je ne sache pas avoir été traitée, quoiqu'elle ne soit cependant pas de pure curiosité [86] ». C'est donc autant par la graphique, que par la pensée, l'action de « géographie volontaire [87] », que de Fourcroy préfigure les créateurs d'une expression cartographique moderne et adaptée aux informations quantitatives, au siècle suivant.

La *Table* établie par Fourcroy signale un moment fondamental de l'évolution de la méthode graphique. Ici se repère le passage à l'abstrait, au trait fictif. Par ses triangles proportionnels, l'auteur construit une image qui ne renvoie pas à une forme sensible existante. Comme l'indique J. Bertin, « il a fallu attendre le XIVe siècle pour entrevoir à Oxford, et le XVIIIe siècle pour découvrir avec Charles de Fourcroy, que les deux dimensions de la feuille de papier pouvaient utilement représenter autre chose que l'espace visible. C'était, en réalité, passer de la simple représentation à un « système de signes » complet, indépendant, et possédant ses lois propres, c'est-à-dire sa sémiologie [88] ». Le tableau de Charles de Fourcroy contribue à émanciper la graphique de la grille classique de l'interprétation du monde. Le centre d'intérêt est proche de celui de Noël-Laurent Duchemin, mais le mode d'expression est fondamentalement nouveau. Le graphe relève d'autre part d'une

84. *C. de Fourcroy, 1782, p. 22-23.*

85. Ibid., *p. 24.*

86. Ibid.

87. *F. de Dainville, 1958, p. 475.*

88. *J. Bertin, 1973, p. 7.*

graphique appliquée. Il facilite les rapprochements, les comparaisons, et peut faire apparaître de nouvelles informations. Il se veut un préalable à la décision.

On peut relever que dans ce premier exemple, une surface géométrique ne traduit encore qu'une étendue, les superficies urbaines, même si les préoccupations démographiques sont sous-jacentes. Il reste à démontrer que le plan peut exprimer toutes données numériques. Il est difficile de mesurer la réelle influence de la table poléométrique, mais une autre œuvre nous confirme que se constituent alors, par les diagrammes, les linéaments de la traduction graphique des statistiques.

L'ARITHMÉTIQUE LINÉAIRE DE PLAYFAIR

L'Écossais William Playfair est né près de Dundee en 1759. Sans formation scolaire, il mène une existence semée d'expériences malheureuses : successivement mécanicien, dessinateur, inventeur et commerçant, banquier puis éditeur, jamais la fortune ne couronne ses efforts. Mais Playfair est amené par ses activités à s'intéresser à de nombreuses choses au goût du jour, et à traverser la Manche à plusieurs reprises pour s'établir à Paris, entre 1790 et 1793, puis 1815 et 1818[89]. Porté vers l'écriture, qui lui constitue en certaines périodes l'essentiel de son revenu, il publie de nombreux articles, ouvrages et pamphlets, politiques et économiques. C'est dans ce dernier domaine que Playfair nous intéresse, puisqu'il invente pour illustrer ses ouvrages « l'arithmétique linéaire » (*lineal arithmetic*), système de diagrammes statistiques développé principalement dans le *Commercial and Political Atlas* de 1786, et *The Statistical Breviary*, en 1801. L'ensemble de cette œuvre graphique est peu modifié par la suite. En 1821, deux ans avant sa mort, Playfair publie ses derniers diagrammes dans un message adressé aux Chambres britanniques.

Les diagrammes et tableaux de l'arithmétique linéaire confèrent à leur auteur une place de première importance dans l'évolution du système graphique. Funkhouser va jusqu'à intituler Playfair « le père de la méthode graphique en statistique[90] ». Or c'est surtout en France que Playfair retient l'attention. La traduction du *Commercial and Political Atlas*, en 1789, sous le titre *Tableaux d'arithmétique linéaire, du commerce, des finances et de la dette nationale de l'Angleterre*, est plutôt bien accueillie, ce qui contraste avec la réception fort tiède de l'ouvrage en Angleterre, et l'incompréhension assez générale, au début du XIXe siècle, à l'égard de ces travaux fondateurs d'un langage qui deviendra universel[91]. L'Académie des Sciences de Paris invite même Playfair à siéger, et en 1802 paraissent les *Élémens de statistique ; où l'on démontre d'après un procédé entièrement neuf les ressources de chaque Royaume, État et République de l'Europe*, traduction du *Statistical Breviary*.

Dès 1786, Playfair exprime sa conviction des qualités propres de l'image : « Nous avons essayé à plusieurs reprises, et avec de grands avantages, de donner forme et silhouette à ce qui, sinon, n'aurait été qu'une idée abstraite [...]. Chiffres et lettres peuvent exprimer avec exactitude mais non figurer les quantités ou l'espace[92]. » Les « *charts* », selon lui, donnent une idée simple et dis-

89. *Sur la vie de W. Playfair, voir Coquelin, Guillaumin, 1853, II, p. 371 et S. Lee, 1896, XLV, p. 414-415.*

90. *M.G. Funkhouser, 1937, p. 273.*

91. *L'accueil fait en France à l'arithmétique linéaire n'est cependant pas unanimement favorable.* Cf. *F. Bédarida, 1987, p. 508. Voir également notre second chapitre.*

92. *W. Playfair, 1786, p. 3.*

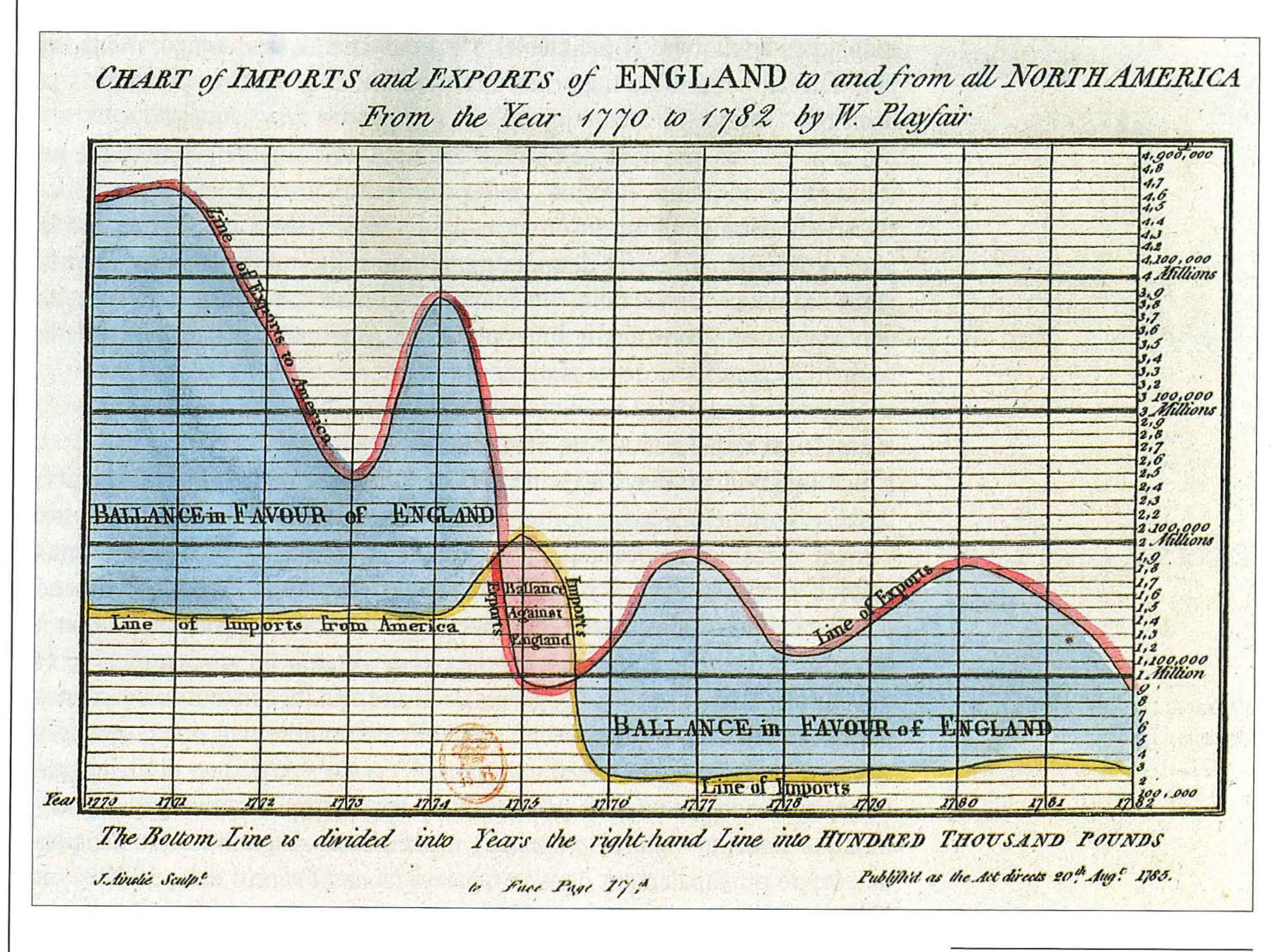


Fig. 16. W. Playfair, *Chart of Imports and Exports of England...*, 1786. (Cliché : B.N., Service photographique.)

tincte des grandes lignes d'un sujet, et sont d'une utilisation directe, sans fatigue ni problème de lecture. Playfair réaffirme à plusieurs reprises la grande utilité de son arithmétique, liée à la supériorité de la perception visuelle, ce sens « actif et puissant [93] ». Ainsi, « c'est en traçant des formes qu'on prouve le mieux la supériorité de l'œil [...]. En embrassant toutes les parties à la fois, [l'œil] n'a pas besoin du secours de la mémoire pour se rappeler une dimension tandis qu'il est occupé à en examiner une autre ; de sorte qu'il permet à l'esprit de former une conclusion dans le temps qu'il a encore toute sa vigueur [94] ». Playfair écrit encore en 1802 : « En fait de calculs et de proportions, le plus sûr moyen de frapper l'esprit est de *parler aux yeux* [95] ». Tandis que la mémoire peine pour retenir les mots et les chiffres, l'œil saisit et compare, « presque involontairement [96] », les figures dessinées. Notre auteur souligne également cette autre qualité de l'image, qui sera largement à l'origine du succès de la cartographie statistique au XIXe siècle ; elle permet d'établir des corrélations, elle révèle des dissemblances, hiérarchise les phénomènes, bref fait apparaître de nouvelles informations, qui ne sont pas transmises aussi immédiatement par les mots ou les chiffres : « On ne peut donc contempler ces nouvelles cartes sans qu'une foule d'idées se présentent à l'esprit, et sans en tirer des conséquences auxquelles on ne se serait pas attendu [97] ».

93. *W. Playfair, 1789, p.* XII

94. Ibid.

95. *W. Playfair, 1802, p.* XX. *C'est nous qui soulignons.*

96. Ibid.

97. Ibid., *p.* XXV. *Le terme carte traduit ici le mot anglais* chart, *et non* map.

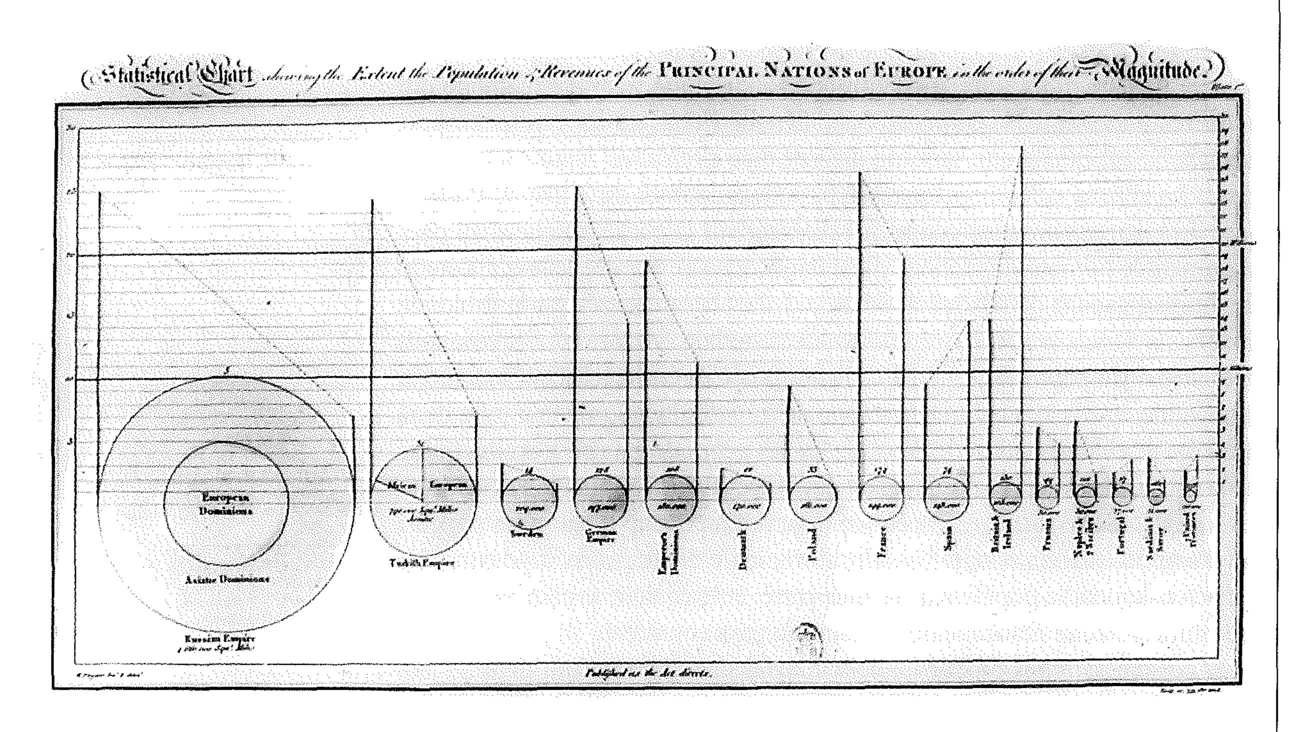


Fig. 17. W. Playfair, *Statistical Chart shewing the Extent the Population and Revenues of the Principal Nations of Europe in the order of their Magnitude*, 1801. (Cliché : B.N., Service photographique.)

Ces considérations accompagnent des innovations graphiques variées, courbes, histogrammes et diagrammes circulaires, éventuellement divisés en secteurs. Les courbes, d'influence cartésienne, ne sont pas tant importantes par le graphisme que par la philosophie qu'en a leur auteur. Il expose ainsi leur principe en avertissement du *Commercial and Political Atlas* : « L'illustration familière suivante me vint à l'esprit. Supposons que la somme que nous payons chaque année pour les dépenses de la Marine soit en guinées, et que ces guinées soient déposées sur une large table, se touchant et formant une ligne droite, et que les dépenses de l'année suivante soient déposées en une autre ligne droite, et ainsi de suite pour un certain nombre d'années : ces lignes seraient de différentes longueurs, selon qu'il y aurait plus ou moins de guinées ; et elles dessineraient une forme dont la dimension correspondrait exactement au montant des sommes ; et la valeur d'une guinée serait exprimée par l'espace qu'elle couvrirait. Mes graphiques sont exactement cela, à petite échelle[98]. » La forme graphique, on le voit, est volontairement rapprochée de la forme réelle, à partir de cette parabole des alignements de guinées. Le *Commercial and Political Atlas* étudie ainsi la balance commerciale de l'Angleterre avec divers pays, selon des courbes construites sur un unique modèle : les années en abscisses, les livres (monnaie) en ordonnée, qui déterminent la courbe des importations et celle des exportations. Le solde, positif ou négatif, est teinté en bleu ou rouge (figure 16). Le même ouvrage est également illustré d'un diagramme en barres (ou histogramme[99]) sur le commerce de l'Écosse, appliquant ce même principe de la traduction géométrique des sommes d'argent, dont nous préciserons plus loin l'importance.

Dans les planches contenues dans le *Statistical Breviary* (ou les *Élémens de statistique*), Playfair réalise un autre type de diagramme, dont l'avantage,

98. *W. Playfair, 1786, p.* III-IV.

99. *Terme créé par Pearson en 1895.* Cf. *F. Bédarida, 1987, p. 504.*

selon lui, aurait particulièrement impressionné les personnes l'ayant vu. Le dessein de parler aux yeux le conduit à « adopter une nouvelle méthode qui consiste à représenter la grandeur des différents États par des cercles proportionnés [100] ». Il dresse une série de diagrammes circulaires (figure 17), expliquant : « chaque cercle représente le pays dont le nom est gravé au-dessous [...]. Les lignes peintes en rouge qui s'élèvent sur la partie gauche d'un pays expriment le nombre de millions d'habitants, mesuré sur l'échelle qui s'étend de droite à gauche de chaque division [...]. Les lignes jaunes sur la droite de chaque pays, représentent le revenu en livres sterling, mesuré sur l'échelle millionnaire de la population. [...] Les lignes pointées entre celle qui indique la population et celle qui indique le revenu ne sont destinées qu'à réunir les deux mesures de chaque nation. L'élévation de ces lignes de gauche à droite, ou de droite à gauche, montre la proportion qui existe entre la population et les revenus d'un état ; de sorte qu'on peut voir, du premier coup d'œil, si un pays est surchargé de taxes, ou non [101] ». En outre, les chiffres placés au-dessus des cercles indiquent la population au mille carré, et la couleur appliquée aux diagrammes la nature maritime ou terrestre du pays considéré.

100. *W. Playfair, 1802, p. XXIII.*

101. Ibid., *p. 2.*

Avec ces diagrammes proportionnels, Playfair inaugure encore deux procédés facilitant le rapprochement des informations quantitatives. En effet, le premier diagramme présente deux cercles inclus, se rapportant aux étendues respectives de la partie européenne et de la partie asiatique de l'Empire Russe. Curieusement, le second diagramme voit la première application d'une autre méthode, destinée à une extraordinaire postérité : la division d'un cercle en secteurs délimités par deux rayons. Il s'agit ici de préciser l'étendue relative de trois parties de l'Empire Turc.

Les solutions graphiques imaginées par Playfair, considérées rétrospectivement, paraissent élémentaires. Elles n'en constituent pas moins une étape fondamentale dans la construction du système graphique. L'usage des diagrammes rencontre des résistances chez les statisticiens, comme nous le verrons plus loin. Toutefois, l'arithmétique linéaire va rencontrer le soutien de l'une des plus grandes autorités scientifiques du début du XIXe siècle.

AUX SOURCES DE LA GRAPHIQUE MODERNE : UN CODE AUTONOME, CAUTIONNÉ PAR HUMBOLDT

L'inventivité de Playfair est étonnante. Certaines créations graphiques originales, comme la division par secteurs d'un cercle proportionnel, ne seront réutilisées que près d'un demi-siècle plus tard. On peut certes relever certaines erreurs dans ses constructions. Ainsi, pour les diagrammes du *Statistical Breviary*, la pente de la « ligne pointée » qui est censée exprimer le niveau de taxation de chaque pays ne dépend pas seulement de la hauteur des lignes verticales mesurant la population et le revenu, mais également du diamètre des cercles proportionnés à la superficie des pays considérés (figure 17). Toutefois, Playfair emploie avec une grande maîtrise des effets visuels adaptés aux informations qu'il veut transmettre : la couleur, variable sélective, pour différencier la nature des pays ou le solde des balances commerciales ; la taille, variable quantitative, pour traduire les données statistiques.

On pourrait être tenté de minimiser l'apport de Playfair, dans la mesure où il n'est pas le premier qui traduise la quantité par des courbes et des figures géométriques ; les mathématiciens l'ont bien sûr précédé. Mais le créateur de l'arithmétique linéaire va plus loin : il propose une graphique appliquée, et non théorique, et veut administrer la preuve que le plan peut représenter autre chose que le visible. Il contribue à dépasser les automatismes perceptifs antérieurs, en usant d'un code abstrait, et non analogique : il ne s'agit plus seulement d'exprimer des distances ou des surfaces, mais des quantités économiques ou démographiques. Conscient du caractère inattendu de ses graphes, Playfair va jusqu'à évoquer d'éventuelles objections quant à leur légitimité. Comparant ses formes géométriques aux cartes géographiques, il indique : « On dira peut-être que cette peinture linéaire [des formes du terrain] consiste dans la ressemblance d'une forme avec une autre sur une plus petite échelle ; qu'il y a un rapport réel entre un pouce carré et une lieue carrée ; mais qu'il ne subsiste aucune relation entre la longueur d'un pouce et mille livres tournois en argent ; et qu'il peut fort bien se faire qu'une plus petite portion de longueur en représente une plus grande, mais qu'une étendue ne peut pas représenter exactement ce qui n'a aucune connexion avec l'espace [102] ». Or, tout le mérite de Playfair réside dans la démonstration concrète du contraire, à savoir que la forme qu'il crée a un sens (on peut l'utiliser, la commenter, en retirer de nouvelles informations...), « quoiqu'elle ne frappe point ni n'a jamais frappé nos yeux d'une manière visible [103] ». C'est pourquoi la parabole des guinées n'est pas gratuite. Elle permet d'enraciner l'arithmétique linéaire dans l'analogie, de la justifier en faisant appel aux anciens réflexes de lecture « naturelle » des signes. On constate par là même que Playfair va plus loin que de Fourcroy. Un lien, même ténu, subsiste entre la surface d'un triangle et la surface d'une ville. Avec Playfair se dissout la connexion avec l'espace. Ainsi pour convaincre ses lecteurs, Playfair doit corriger l'image d'un symbolisme arbitraire. Il motive ses constructions graphiques, et cette motivation est certainement nécessaire pour qu'elles puissent être acceptées en tant que conventions.

102. *W. Playfair, 1789, p. XII.*

103. Ibid.

Alexandre de Humboldt est l'un des rares savants qui, dès 1811, rende hommage au statisticien écossais et souligne l'intérêt de la traduction graphique des quantités. Il reprend d'ailleurs le procédé dans une planche de l'*Atlas de la Nouvelle-Espagne* : des rectangles proportionnels y traduisent les surfaces des métropoles européennes et des colonies, tandis que des lignes expriment par leur hauteur le rapport des populations. Selon Humboldt, « les figures réunies dans cette planche servent à expliquer ce qui est dit plus bas sur la disproportion extraordinaire qu'on observe entre l'étendue des colonies et la surface des métropoles européennes. L'inégalité de la division territoriale de la Nouvelle-Espagne a été rendue sensible en représentant les intendances par des carrés inscrits les uns dans les autres. Cette méthode graphique est analogue à celle que M. Playfair a employée le premier et d'une manière très ingénieuse, dans son atlas commercial et politique, et dans ses cartes statistiques de l'Europe. Sans attacher beaucoup d'importance à ces esquisses, je ne puis les regarder comme de simples jeux d'esprit

étrangers à la science. Il est vrai que la carte que M. Playfair a donnée des progrès de la dette nationale de l'Angleterre rappelle le profil du pic de Téneriffe ; mais depuis longtemps les physiciens ont indiqué, par des figures tout à fait semblables, la marche du baromètre et la température moyenne des mois. Il serait ridicule de vouloir exprimer par des courbes des idées morales, la prospérité des peuples ou la décadence de leur littérature. Mais tout ce qui a rapport à l'étendue et à la quantité est propre à être représenté par des figures géométriques. Les projections statistiques qui parlent aux sens sans fatiguer l'esprit, ont l'avantage de fixer l'attention sur un grand nombre de faits importants [104] ».

Les précautions de langage que prennent Playfair et Humboldt, préalablement à l'emploi de nouvelles formes, signalent un moment fondamental de la construction du code, puisqu'elles expriment la conscience de l'effet d'étrangeté de ces formes [105] (ce qui d'ailleurs peut expliquer leur rejet par certains lecteurs). Voici des signes qui bousculent les habitudes de lecture et de représentation. Ils ne renvoient qu'à eux-mêmes et sont illisibles pour qui n'en possède pas la clé. Playfair en est à ce point conscient qu'il écrit en 1805 : « En prêtant attention cinq minutes au principe sur lequel ils sont construits, le lecteur s'épargnera bien du travail et du temps. Mais faute de ce minimum d'attention, il pourrait aussi bien regarder une feuille blanche [106]. » Selon Eco, « À partir de ce sens d'étrangeté, on procède à une reconsidération du message qui nous pousse à regarder autrement la chose représentée et en même temps, tout naturellement, les moyens de représentation et le code auxquels ils se réfèrent [107] ». À ce titre, on peut affirmer que graphes ou diagrammes ouvrent probablement la voie à la cartographie des phénomènes quantitatifs, dans l'esprit, en démontrant en quel sens peut s'étendre le champ des représentations, et dans la forme, puisque nous pourrons voir que certains procédés sont directement transférés en cartographie.

104. *A. von Humboldt, 1811, tome 1, p. LXXXIII-LXXXIV.*

105. *Cet effet est généralement défini dans le domaine de la communication esthétique, mais il paraît fondé de le transposer ici aux cartes. Le paragraphe s'inspire de U. Eco, 1972, p. 140.*

106. *W. Playfair, 1805, légende du diagramme 1. Cité par J. Konvitz, 1987, p. 130.*

107. *U. Eco, 1972, p. 140.*

CHAPITRE II

Les premiers procédés de cartographie statistique

La fortune du système Dupin

Le débat sur la méthode graphique au début du XIXe siècle

La première carte statistique moderne est conçue par le baron Charles Dupin vers 1826, soit bien après les premiers diagrammes. Ce décalage se comprend si l'on considère l'état de la statistique dans les premières décennies du XIXe siècle, du point de vue de ses sources comme de ses méthodes. La cartographie statistique s'appuie en effet sur des sources homogènes, centralisées et publiées. Les données exploitables, ainsi définies, apparaissent tardivement en France. Au siècle des Lumières, le succès de l'esprit de calcul n'aboutit qu'à des travaux individuels, des enquêtes administratives limitées, dont l'objet est principalement militaire et fiscal et dont les résultats restent entourés du secret[1]. H. Le Bras souligne que ces statistiques ne sont pas *la* statistique et que ce n'est qu'après la Révolution que celle-ci va se constituer en « une machine à explorer la société[2] ». La période de la Révolution à l'Empire se caractérise par une activité statistique intense. La conception utilitaire des nombres s'affirme, de même que le rôle prépondérant de l'État dans leur collecte. L'œuvre administrative accomplie alors est fondamentale : création des départements, cadre unique et homogène, et mise en place d'un appareil centralisé, avec l'instauration des autorités municipales et des préfets. Mais si les demandes d'enquêtes de la part du centre

1. *Sur les travaux statistiques de cette période, on se reportera aux classiques de l'histoire de la statistique : J. Koren (ed.), 1918 et H. Westergaard, 1932 ainsi qu'aux études plus récentes de B. Gille, 1980 et J. Hecht, 1987.*

2. *H. Le Bras, 1986, p. 325. Voir aussi Woolf, 1981.*

sont nombreuses, les résultats sont maigres : les données restent partielles et approximatives, les techniques d'observation peu sûres. Les réponses, incomplètes et disparates, ne peuvent être agrégées au niveau national. J.C. Perrot le souligne à propos de la plus importante publication de la période, la « statistique des préfets », entreprise sous le Consulat[3].

La période qui s'ouvre après 1815 est globalement défavorable aux approches statistiques. Les structures centrales de recueil des données disparaissent avec le régime impérial, et la statistique tombe en disgrâce, par réaction envers l'intérêt qui y était porté sous l'Empire[4]. Cependant, l'éclipse n'est que partielle. Le goût pour la statistique est perpétué par plusieurs auteurs, dont le préfet Chabrol ou Charles Dupin. Mais surtout, la Restauration voit plusieurs administrations se doter de bureaux de statistique et s'efforcer de publier des résultats chiffrés, à un rythme périodique. Aux informations sectorielles et contingentes se substituent des séries régulières. Ainsi est instituée la statistique sur le recrutement de l'armée, publiée dès 1819. Elle est suivie par les comptes du commerce extérieur, à partir de 1821, la statistique de la justice en 1825 puis celle de l'instruction en 1829[5]. L'intérêt pour la statistique va aller en s'amplifiant sous la monarchie de Juillet. Son utilité pour l'État est définitivement reconnue. Son développement ne sera dès lors plus entravé par les aléas politiques. À l'initiative de Thiers, alors ministre du commerce, un service central de statistique est rétabli en 1833. Il trouve son nom définitif, Statistique générale de la France, en 1840[6]. On assiste alors à un développement spectaculaire des informations chiffrées.

La mesure des faits sociaux, on le voit, s'étend surtout dans les années 1820-1830. En outre, la période qui précède est encore agitée par les problèmes méthodologiques. Tout d'abord, les quantités elles-mêmes restent l'objet d'un débat contradictoire entre les tenants des descriptions littéraires des États et de leurs ressources, et les partisans des chiffres et des tables[7]. Ainsi la statistique des Préfets mêlait-elle des monographies départementales selon la tradition descriptive issue de l'école allemande (la Staatenkunde) et les mémoires faisant appel aux données chiffrées, s'inspirant davantage de l'arithmétique politique anglaise[8]. Le langage des nombres ne s'impose que progressivement, et particulièrement à partir des années 1830, dans le cadre du service central de statistique, sous la direction d'Alexandre Moreau de Jonnès.

D'autre part, les progrès qui se lisent dans l'œuvre de Playfair ne constituent pas des acquis définitifs. La méthode graphique pose problème : elle est souvent encore considérée comme un jeu gratuit, manquant de rigueur, opinion dont on trouve l'écho chez Humboldt[9], et qu'expriment plusieurs théoriciens de la statistique du début du siècle, parmi lesquels J. Peuchet : « Ce principe dont parle M. Playfair comme d'une intéressante découverte, est de représenter en figure circulaire chaque État de l'Europe, de manière que la proportion relative de leurs forces soit exprimée par le rapport de ces figures entre elles [...]. Mais personne ne croira jamais qu'une semblable méthode puisse en rien servir à l'étude de la statistique. Ce sont des jeux d'esprit, aussi

3. *Voir J.-C. Perrot, 1987, p. 253.*

4. *Voir A. Moreau de Jonnès, 1847, et, parmi les travaux récents : B. Gille, 1980, p. 149.*

5. *Pour ces deux dernières statistiques, la publication commence respectivement en 1827 et 1831.*

6. *Sur la Statistique générale de la France, voir B. Gille, 1980, et H. Le Bras, 1986.*

7. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 292.*

8. *Voir J.-C. Perrot, 1987, p. 238-240.*

9. *Voir en première partie.*

étrangers à cette science que les détails d'histoire naturelle ou de topographie, dont d'autres écrivains l'ont mal à propos voulu enrichir[10]. » Ce rejet des « oripeaux mathématiques[11] » dont Playfair enveloppe la statistique, par un auteur alors influent, explique sans doute la rareté des applications de statistique graphique au début du XIXe siècle.

10. *J. Peuchet, 1805, p. 33.*

11. *Expression citée par J.-C. Perrot dans* Pour une histoire de la statistique..., *1987, p. 508.*

Quant à la représentation cartographique des données numériques, elle ne se heurte pas seulement à ce contexte défavorable. Le message cartographique se fonde depuis plusieurs siècles sur certains réflexes perceptifs. Les « transgresser » ? Nul n'y songe parmi les géographes. Leurs efforts sont toujours tendus, au début du XIXe siècle, vers l'expression la plus exacte de la topographie. En témoigne, au niveau de l'État français, le projet de la carte d'État-Major. Le cartographe, géographe du Roi ou ingénieur-géographe militaire, est peu porté à se préoccuper des données numériques, économiques ou démographiques. Lorsque naît la carte statistique, elle est davantage le fait d'amateurs de chiffres qui utilisent la graphique comme instrument de communication, que de cartographes de formation. L'expression cartographique d'autres thèmes confirme cette tendance. Ainsi dans le cas de la carte géologique, l'impulsion sera donnée par des ingénieurs des mines. La carte devient un langage adopté par différents savoirs, dont les arcanes échappent au géographe-cartographe classique, et à ses successeurs du XIXe siècle. Avant 1870, en géographie, on ne relève aucune forme d'intérêt pour la cartographie quantitative.

La potentialité d'un thème n'est pas, on le voit, une condition suffisante pour sa représentation. Il faut prendre en compte le contexte scientifique et les caractères propres de l'évolution du langage graphique. Ce n'est qu'entre 1825 et 1840 que l'expression des nombres est envisagée en cartographie, par l'utilisation d'une variable visuelle distincte des deux dimensions du plan, d'un tracé fictif, qu'on ne peut lire « naturellement ». Pendant cette période se mettent en place progressivement un certain nombre de solutions graphiques, par l'intermédiaire d'œuvres pionnières souvent imparfaites, mais qui contribuent à la prise de conscience des qualités de l'image dans la transmission de l'information, qu'avait discernées Playfair : elle se perçoit plus rapidement, est moins aride que le tableau de chiffres, et enfin, fait apparaître de nouvelles informations. Ces avantages expliquent le succès de certaines cartes statistiques : le nouveau langage frappe l'imagination, il enthousiasme. La carte de l'instruction du baron Dupin en est sans doute l'exemple le plus probant.

La France obscure et la France éclairée

La représentation cartographique des hommes, de leurs activités et de leur condition, impose une réforme radicale du langage graphique, telle qu'esquissée au niveau des diagrammes, en vue de transmettre un message mathématique et d'exprimer des faits d'intensité relatifs à des aires administratives de taille inégale, alors que la cartographie traditionnelle s'exprimait davantage en implantation ponctuelle ou linéaire. Il s'agit pour les cartographes de

créer des rapports nouveaux entre la figure et le nombre, d'utiliser une nouvelle logique, une nouvelle syntaxe, légitimes, ainsi que l'affirment Playfair et Humboldt, mais jamais encore adaptées à la cartographie.

Au début du XIXe siècle, la cartographie du monde physique a considérablement progressé grâce aux travaux allemands, de Ritter et Humboldt[12]. Quant à la quantité en sciences de l'homme, elle est restée une préoccupation épiphénoménale en cartographie. Tout au plus pourrait-on ajouter, à l'auteur anonyme de la *Carte générale des Sévennes*, signalé par de Dainville, le nom du professeur allemand Crome, qui fait lui aussi figure de précurseur. Cet enseignant en histoire et géographie, à Dessau, puis en statistique et économie politique, à Giessen, réalise une carte des productions économiques de l'Europe en 1782, puis figure en 1785 la population des différents pays européens[13]. Cependant, il ne renouvelle pas la graphique de manière significative. La première de ses cartes utilise un système de symboles ponctuels en surcharge qui s'inspire de la cartographie minéralogique, tandis que la seconde se rapproche surtout des diagrammes de Fourcroy et Playfair[14].

On peut en fait créditer le Français Charles Dupin de la réalisation de la première carte statistique moderne. La *Carte figurative de l'instruction populaire de la France* est le point de départ d'une révolution graphique véritable, dont les conséquences se mesurent toujours dans la cartographie contemporaine. Dupin n'est cependant aucunement lié aux milieux traditionnels de la cartographie ou de la géographie. Né en 1784 à Varzy, dans le Nivernais, il a suivi une formation scientifique et technique, passant par l'école polytechnique, dont il est le major en 1801. Géomètre et ingénieur, Dupin s'intéresse de près au progrès des travaux publics, qu'il étudie particulièrement lors de séjours Outre-Manche. Il traite de ce sujet en plusieurs ouvrages, approuvés par l'Académie des Sciences, dont il devient membre en 1818. Grand notable provincial, fait baron par Louis XVIII, il inaugure en 1828 une longue carrière politique, qui le voit participer à la plupart des assemblées jusqu'en 1851, et passer brièvement au ministère de la Marine, en 1834. Il évolue du libéralisme sous la Restauration au conservatisme après la Révolution de 1848, s'éloigne de la scène politique après le coup d'État de 1851, puis se rallie au Second Empire, et entre au Sénat. Il meurt peu après la chute de l'Empire, en 1873. Parallèlement, Dupin n'a jamais abandonné son activité scientifique : il multiplie les cours et les traités, en mécanique et géométrie. Mais dans les années 1820, un nouveau domaine retient son attention : « La statistique, science toute nouvelle, n'avait encore reçu aucune application utile. M. Charles Dupin résolut de la faire servir à la constatation des progrès de notre pays dans la voie des intérêts matériels et moraux[15] ». Dès lors, Dupin développe ses recherches en statistique sociale et économique. Il livre ses résultats, en 1825 et 1826, sous forme de leçons spéciales faites au Conservatoire des Arts et Métiers. Le 30 novembre 1826, lors d'une communication relative aux « effets de l'enseignement populaire sur les prospérités de la France », Dupin présente sa *Carte figurative de l'instruction populaire* (figure 18), carte qui est reproduite la même année dans son ouvrage majeur : *Forces productives et commerciales de la France.*

12. *Voir G.R. Crone, 1978, qui a mis en valeur le rôle de ces auteurs dans l'histoire de la cartographie thématique. Carl Ritter ouvre selon lui une nouvelle ère de la cartographie avec son ouvrage* Sechs Karten von Europa *(1806). A. von Humboldt traduit cartographiquement des phénomènes physiques variés dans l'*Atlas géographique et physique de la Nouvelle-Espagne *(1811). On lui doit la représentation des aires végétales, et par ailleurs l'invention des courbes isothermes. Sur le volet cartographique de l'œuvre de ces fondateurs de la géographie scientifique, voir G. Engelmann, 1966 et 1970.*

13. *A.F. W. Crome,* Neue Karte von Europa welche die merkwürdigsten Produkte und vornehmsten Handelsplätze nebst dem Flächen-Inhalt aller Europäischen Länder in deutschen Quadrat-Meilen enthalt, *1/10 800 000 ; Dessau, 1782. A.F. W. Crome,* Grossen Karte von Europa, *s.l., 1785.*

14. *L'œuvre de Crome n'a été redécouverte que récemment (J. Konvitz, 1980 et A.H. Robinson, 1982). A.F. Lueder (1817, p. 224) et J. Fallati (1843, p. 210) en avaient fait mention, de même que M. Eckert dans sa somme sur le savoir cartographique (1925, II, p. 523-524). Selon J. Fallati, Crome aurait publié plusieurs Produktenkarten entre 1785 et 1805. A.F. Lueder puis M. Eckert comparent la carte de 1782 à la carte minéralogique de la France par Charpentier, qui date de 1778. Enfin, d'après J. Konvitz (1980, p. 311), dans la* Grossen Karte von Europa, *Crome « comparait les diverses populations d'Europe en superposant des carrés de taille différente, proportionnés à la surface de chaque pays considéré. »*

15. *Hoefer, 1858, XV, p. 320.*

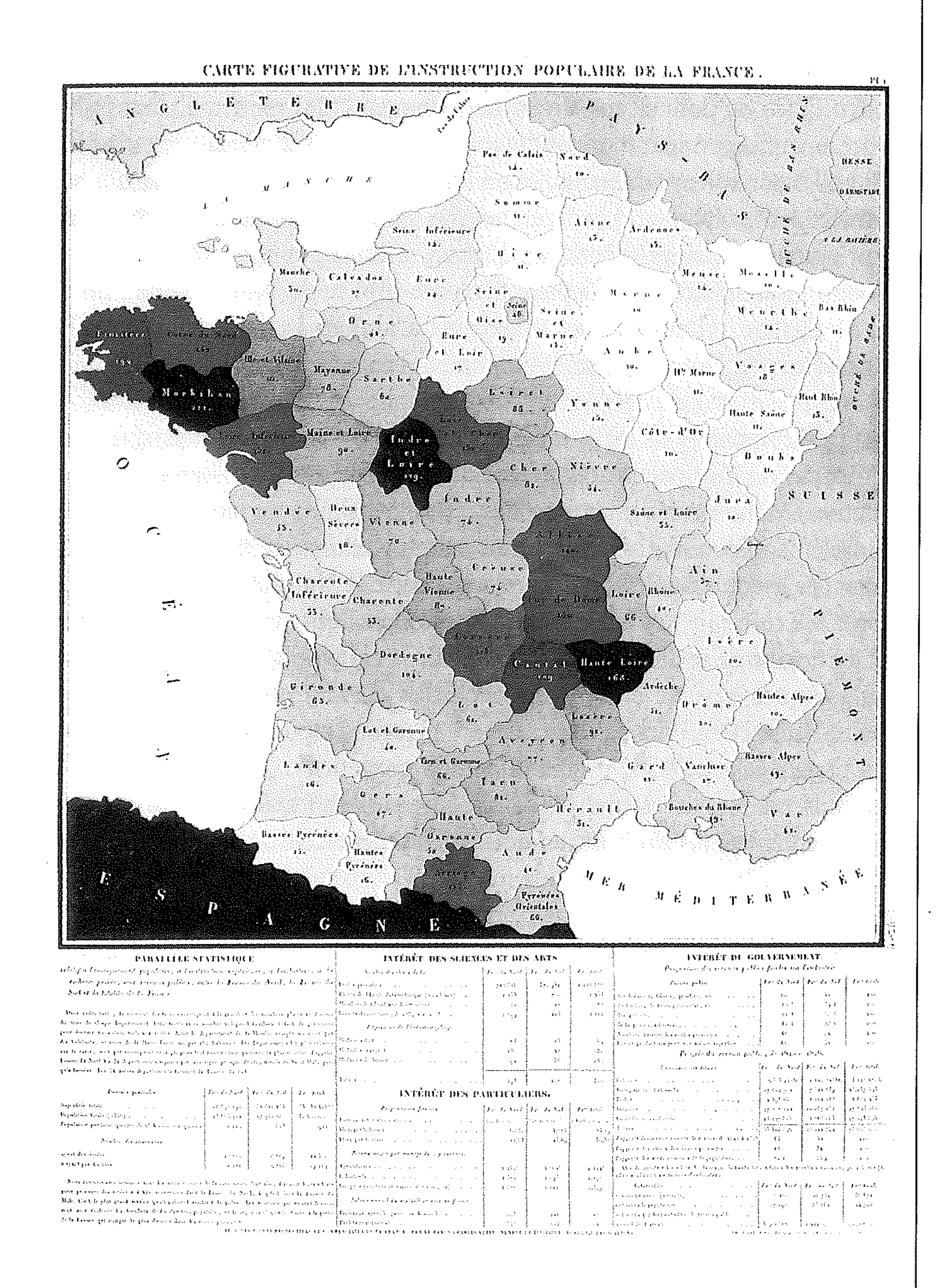


Fig. 18. C. Dupin, *Carte figurative de l'instruction populaire de la France*, 1826. (Cliché : B.N., Service photographique.)

Cette carte est conçue avant même qu'une statistique sûre et régulière de l'enseignement primaire ne voie le jour. Ce n'est qu'en 1829 que les recteurs rassemblent effectivement des données complètes, publiées en 1831. Dupin affirme utiliser « le dernier état officiel dressé par l'Université [16] » Sans doute s'agit-il des chiffres proposés dans l'*Almanach de l'Université de France*, de fiabilité incertaine [17]. Le thème de l'instruction s'impose pourtant à Dupin : il veut établir un rapport direct entre celle-ci et le développement économique. Sa carte appuie la démonstration d'une opposition fondamentale entre une France du Nord et une France méridionale. Elle illustre l'aspect jugé le plus déterminant de cette opposition, à travers un procédé graphique totalement

16. *C. Dupin, 1826 b, p. 272.*

17. *Sur la statistique de l'enseignement primaire au* XIX*e siècle, voir J. Ozouf, 1987.*

inédit : « Pour rendre visible, écrit-il, la principale de ces différences, j'ai conçu l'idée de donner aux divers départements, des teintes d'autant plus foncées, qu'ils envoient moins d'enfants aux écoles[18] ». Cette carte statistique par paliers de valeur croissants, selon les divisions départementales, n'a pas d'antécédent graphique, à la différence des cartes de Crome. On peut cependant avancer certaines hypothèses quant à sa conception.

L'opposition illustrée par Dupin, entre une France du Nord et une France du Midi, est exprimée peu de temps auparavant, en 1823, par le géographe Malte-Brun, à l'occasion de ses commentaires sur l'*Essai statistique sur le Royaume de Portugal et d'Algarve*, du géographe vénitien Adriano Balbi[19]. À partir de comparaisons statistiques établies par Balbi entre le Portugal et les autres pays d'Europe, et notamment d'un aperçu des établissements d'instruction, Malte-Brun remarque « l'extrême inégalité avec laquelle l'instruction élémentaire est distribuée entre les provinces », et découvre, pour la France, « le contraste le plus surprenant » entre le Nord et le Sud. L'opposition ainsi révélée entre les lumières du Nord et l'obscurantisme méridional est à l'origine de la désignation classique de la carte de Dupin comme « carte de la France obscure et de la France éclairée ». L'expression est prêtée à Malte-Brun, coutumier de cette image[20]. Charles Dupin évoque précisément « la France éclairée » lors du discours qu'il prononce en présentant sa carte, au Conservatoire des Arts et Métiers[21]. On peut raisonnablement penser que l'échelle des valeurs du blanc au noir de Dupin s'est inspirée directement de cette conception imagée de l'instruction. La nuance, ou « dégradation de teinte », offre un effet d'éclairage de la carte assimilable à la lumière de l'esprit et de la connaissance. D'ailleurs, pour les premières cartes imitées de Dupin, de l'instruction ou de la criminalité, la progression graphique des valeurs retranscrit toujours une échelle de valeurs morales.

Il en résulte que la carte de l'instruction du baron Dupin est en fait une carte de l'ignorance : l'auteur ne se demande pas combien il y a de personnes instruites pour *n* habitants, mais combien d'habitants sont nécessaires pour trouver une personne instruite. Il inverse ainsi le résultat statistique, et donne le principal effet visuel, l'effet d'obscurité, à l'ignorance : « dans notre carte, la noirceur des teintes correspond à la grandeur des nombres placés au dessous du nom de chaque département. Cette teinte et ce nombre indiquent combien il faut de personnes pour fournir un enfant mâle aux écoles [...]. Les départements les plus éclairés sont par conséquent ceux qui possèdent l'instruction primaire la plus étendue[22] ». La variation de valeur est ici obtenue par des lignes horizontales de plus en plus épaisses et resserrées, puis un quadrillage en fin de gamme, précédant le noir en teinte plate. La finesse et l'extrême qualité du dessin est sans doute à rapprocher des progrès accomplis en matière de techniques d'impression des cartes. La lithographie, procédé découvert au début du siècle, mais surtout développé après 1819 à la suite de la publication du traité fondamental de Senefelder, le *Cours complet de lithographie*, est une technique plus rapide et moins coûteuse que la gravure sur bois ou cuivre, et ses développements accompagnent au XIX[e]

18. *C. Dupin, 1826 b, p. 249.*

19. Journal des débats, *21 juillet 1823, p. 3-4. Voir aussi sur ce point R. Chartier, 1978 et 1992.*

20. *Il l'applique ainsi en 1808 à ce qui constitue alors la division commune de la France sous le rapport de l'instruction : commentant le* Mémoire statistique sur le département du Vaucluse *de M. Maxime Pazzis, C. Malte-Brun juge inutile d'analyser l'article qui concerne l'instruction publique, car « on sait que la France n'offre qu'un seul point très lumineux, qui est Paris, et une immense masse de ténèbres dans la plupart des départements ». (Cf.* Mélanges scientifiques et littéraires de Malte-Brun, *Paris, André, 1828, t. I, p. 205-209.)*

21. *C. Dupin, 1826 a, p. 27. Référence donnée dans R. Chartier, 1978, p. 396.*

22. *C. Dupin,* Carte figurative..., *1826, légende.*

siècle les progrès de la cartographie thématique. Dupin utilise ici les services de Jobard, un artiste-lithographe fameux[23].

La carte par paliers de valeurs croissants, dite parfois choroplèthe, est fonction d'aires de comptage de taille différente, et utilise une variable visuelle ordonnée, la *valeur*, pour traduire une information potentielle quantitative[24]. Ceci justifie la double opération mathématique de Dupin : le passage aux chiffres relatifs, ou « spécifiques », et la division de la série statistique en quelques intervalles numériques. La perte d'information qui en résulte est considérable, car le processus de symbolisation relève ici d'un haut niveau de généralisation. La donnée individuelle et absolue disparaît, et même l'information relative ne peut être rétablie exactement par le lecteur, puisqu'une nuance exprime une catégorie de nombres. La carte est d'autant plus difficile à interpréter que Dupin ne fournit aucune légende, et aucun détail sur la méthode de discrétisation (ou division d'une série statistique en classes) qu'il utilise. Il rétablit cependant une part de l'information en répétant les nombres sur la carte, pour chaque département. La carte figurative de Dupin transmet également une erreur spatiale puisque le département, aire administrative assez vaste, contient évidemment des espaces contrastés sur le plan de l'instruction. Une telle approximation sera par la suite corrigée grâce à la méthode dasymétrique, solution subtile imaginée en 1837 par l'ingénieur britannique Henry Drury Harness[25]. Mais en pratique, les cartes françaises par paliers de valeur resteront invariablement fidèles aux cadres administratifs, et particulièrement aux divisions départementales.

Dupin ne prête guère attention à ces questions méthodologiques : nombre de paliers ou mode de division de la série statistique. Elles ne seront abordées en France qu'après 1860. Sa carte se justifie par son seul effet visuel, et cette césure géographique qu'elle souligne : « c'est l'activité, l'énergie morale plus ou moins développée [des habitants] qui produisent les énormes différences dont notre œil est frappé lorsqu'il s'arrête sur la carte offerte à nos regards. Remarquez, à partir de Genève jusqu'à Saint-Malo, une ligne tranchée et noirâtre, qui sépare le Nord et le Midi de la France[26] ». Le motif des deux France et de la ligne Saint-Malo-Genève a donc été, non pas peut-être révélé, mais en tout cas scellé par la cartographie. Le découpage nord-sud du territoire français, fondé ou non (Dupin esquisse même dans *Forces productives*... une autre division, est-ouest) doit également se comprendre comme un jugement de valeur. Nous avons évoqué, en introduction, la possibilité d'un discours « externe » sur les cartes anciennes, d'une exploration du « contexte social et culturel des événements cartographiques[27] ». Considérons ici la carte comme conception du monde et du réel. La carte de Dupin est une image éloquente, qui porte témoignage en faveur de l'industrie, et des doctrines anglaises de civilisation et d'économie politique. La France instruite est la France de « l'énergie morale », la France active et productive, la France *positive*. L'acte fondateur de la cartographie thématique quantitative moderne s'associe clairement au discours du capitalisme industriel et libéral naissant, et nous verrons qu'il en va de même pour bien des cartes théma-

23. *Sur l'importance de cette technique d'impression dans l'histoire de la cartographie, voir W.W. Ristow, 1975, et A.H. Robinson, 1982, p. 190-198.*

24. *Les informations statistiques, non seulement s'ordonnent, mais sont dans un rapport numérique précis. Spontanément, avec une variation de valeur, le lecteur peut ordonner les catégories de l'information, mains non apprécier leur rapport numérique. Seule une variation de* taille *des signes permet une perception quantitative. Voir J. Bertin, 1973, p. 67-76.*

25. *Cette méthode, appliquée à l'expression des densités, consiste à délimiter dans une circonscription administrative, à partir d'observations sur le terrain, les parties sous-peuplées (montagnes, marécages...). À partir de la densité globale de la circonscription et de la densité observée pour ces espaces sous peuplés, on infère la densité de la partie restante. Sur H.D. Harness, voir A.H. Robinson, 1955, ainsi que notre troisième chapitre.*

26. *C. Dupin, 1826 b, p. 250-251.*

27. *J.B. Harley, 1987-1988, p. 75.*

tiques pionnières, notamment celles que réalisent les ingénieurs des Ponts et Chaussées, après 1840.

Discours dominant, ou en voie de l'être, ce n'est cependant pas l'unique discours. R. Chartier a bien montré que la ligne Saint-Malo-Genève a pu être retournée contre Dupin : plusieurs auteurs mettent en avant, dans les années 1830, « les fruits amers de la civilisation matérielle moderne [28] ». La France méridionale s'affirme alors comme la France positive, sous le rapport du paupérisme et de la criminalité, dans les écrits d'un Bigot de Morogues, d'un Guerry, d'un Villeneuve-Bargemont [29]. L'intérêt est que cette lutte politique contre les idées de Dupin s'appuie parfois sur le langage cartographique. En effet, la postérité cartographique de Dupin est aussi remarquable que la postérité géographique de la ligne Saint-Malo-Genève. La carte thématique, et plus particulièrement la carte statistique, s'affirme comme un instrument d'analyse géographique exceptionnel : la méthode graphique donne une dimension supplémentaire à l'information numérique, et à ce titre, le message de Dupin a un impact supérieur aux seules remarques de Malte-Brun. D'autre part, la carte figurative de 1826 est une étape importante de l'évolution du système graphique vers son autonomie. Certes, de même que Playfair justifiait ses courbes par les piles de guinées, la carte choroplèthe se fonde au départ sur une interprétation figurée des notions de clarté et d'obscurité. Motiver les conventions adoptées est sans doute une nécessité lorsque sont produits des signes inédits. Mais la nouvelle image enclenche de nouveaux processus perceptifs.

Dupin aurait présenté une seconde carte, probablement du même type, lors d'une réunion de la section statistique de la *British Association for the Advancement of Science*, à Bristol en 1836 [30]. Cette carte, illustrant le rapport de la criminalité à la densité de population pour l'Angleterre, n'a pas été conservée. Enfin, Dupin clôt son œuvre graphique en 1843, avec une carte qui milite en faveur des droits des viticulteurs, en liaison avec ses interventions parlementaires : « l'auteur de cette carte figurative a répandu quelque lumière et produit un effet utile à son pays, lorsque, il y a quinze ans, il a montré les disproportions de l'enseignement primaire dans les départements français. Il espère aujourd'hui produire un effet du même genre, et dissiper ce qui reste de préjugés agricoles sur un des grands intérêts nationaux, soumis en ce moment à la sagesse du législateur [31] ». Dernière œuvre connue de Dupin, la *Carte figurative pour exprimer par départements la proportion territoriale des vignobles et des betteraves à sucre* est en tous points semblable à celle de 1826, une échelle de six paliers de valeurs exprimant le « nombre de fois que le territoire total comprend le territoire en vignoble ». Pour un motif politique, la remise en cause des avantages accordés aux betteraviers par rapport aux viticulteurs, Dupin établit une comparaison plus qu'abusive entre les départements en teinte graduée traduisant les superficies en vigne et des carrés proportionnels représentant les surfaces de betteraves en quantité absolue, qui apparaissent évidemment minuscules. Déjà, la manipulation politique des statistiques s'est étendue à la cartographie ! Avec cette dernière œuvre, les figurés proportionnels qu'avait imaginé Playfair entrent en cartographie. Cependant, on ne peut imputer à Dupin cette transposition. Nous verrons plus loin qu'il a été précédé, en Angleterre, par Harness.

28. *R. Chartier, 1978, p. 403.*

29. *P.M. Bigot de Morogues, 1832 ; A.-M. Guerry, 1833 ; Villeneuve-Bargemont, 1834. Sur ces auteurs, voir R. Chartier, 1978, p. 400-403.*

30. *Voir H. Hallam, 1837.*

31. *C. Dupin,* Carte figurative pour exprimer par départements la proportion territoriale des vignobles et des betteraves à sucre, *1843, notice.*

Quoi qu'il en soit, ces deux cartes tardives ne connaissent pas le succès exceptionnel de la première, succès dont témoignent plusieurs notices sur l'auteur : la *Grande Encyclopédie* mentionne « la célébrité légitime que lui acquit sa carte de la France obscure et de la France éclairée » ; l'un de ses biographes note par ailleurs : « on se rappelle encore le succès de vogue qu'obtint cette ingénieuse carte de la France éclairée et de la France obscure, où des teintes plus ou moins foncées rendaient frappant à la vue l'état de l'instruction publique dans chaque département [32] ». Cette vogue paraît même dépasser nos frontières puisque Goethe évoque élogieusement le travail de Dupin lors de l'une de ses conversations avec Eckermann, le 23 octobre 1828 [33]. L'œuvre est encore mentionnée favorablement au congrès de statistique de Paris, en 1855. À la fin du XIXe siècle, nombre de statisticiens ne parlent encore de la dégradation de teinte que comme de la « méthode », ou du « système Dupin ». Plus significative encore est l'adoption et l'extension de cette méthode graphique, peu après la publication des *Forces productives et commerciales*.

32. *Hoefer, 1858, XV, p. 320.*

33. *« On a comparé fort justement l'État à un corps vivant composé de plusieurs membres : ainsi la capitale d'un État ressemblerait au cœur, d'où la vie et la santé affluent en chacun des membres proches ou éloignés ; mais si les membres sont très éloignés du cœur, le flux vital sera perçu de plus en plus faiblement. Un Français, homme d'esprit, je crois que c'est Dupin, a ébauché une carte de l'état de civilisation de la France, et mis sous les yeux, à l'aide de couleurs plus claires ou plus sombres, le degré plus ou moins grand d'instruction des différents départements. Or il se trouve dans les provinces du Midi surtout, situées loin de la capitale, des départements entiers marqués tout en noir, signe de l'ignorance dans laquelle ils sont plongés. Cela serait-il arrivé si la Belle France, au lieu d'un centre unique, en avait dix d'où émanent la lumière et la vie ? » J.P. Eckermann,* Conversations de Goethe avec Eckermann, *Paris, Gallimard, 1988, p. 574.*

La cartographie morale et sociale

Le système Dupin est rapidement imité en Europe : vers 1829, le néerlandais Somerhausen dresse une *Carte figurative de l'instruction populaire des Pays-Bas* qui s'inspire étroitement de sa devancière. En 1831, le belge Adolphe Quételet, qui fondera plus tard les congrès internationaux de statistique, illustre des données sur la criminalité par des teintes nuancées. Vers le milieu du siècle, ce sont encore les britanniques J. Fletcher et H. Mayhew qui réalisent respectivement 20 et 15 cartes figurant des statistiques morales et sociales très variées [34]. En France même, l'opposition de l'ombre et de la lumière est étendue de l'instruction aux questions morales et sociales, par Guerry et Villeneuve-Bargemont, puis appliquée par le comte d'Angeville à divers thèmes statistiques, y compris économiques. Ces œuvres sont le prélude à un recours extensif, après 1840, au procédé de la gamme de valeurs.

« L'ANALYTIQUE MORALE »

C'est avec André-Michel Guerry que se dessine ce que Chartier nomme « la revanche de la France déshéritée et analphabète [35] ». Guerry (1802-1866), inscrit comme avocat stagiaire, se destine tout d'abord au barreau, mais il s'intéresse à la statistique, notamment criminelle et médicale, puis s'y consacre entièrement. Ses travaux lui valent en 1844 une élection en tant que correspondant de l'Académie des sciences morales et politiques [36]. Ses premières cartes sont publiées en 1829, sous le titre : *Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers arrondissements des académies et des cours royales de France*, et offertes en dédicace au Comte de Portalis, ministre de la justice. On trouve associé à cette première œuvre le nom d'Adriano Balbi, sans que l'on puisse affirmer que le géographe italien intervienne autrement que comme source statistique.

Il s'agit ici d'une planche de trois cartes (figure 19), illustrant l'instruction primaire, les crimes contre les personnes et contre les propriétés, selon le système

34. *Voir J. Fletcher, 1849, et H. Mayhew, 1851. Sur ces cartes, on consultera A.H. Robinson, 1982, p. 164-166, et D. Smith, 1985.*

35. *R. Chartier, 1978, p. 402.*

36. *Voir l'article « Guerry » de la* Grande Encyclopédie, *Paris, s.d., t. 19, p. 533, et* A.-M. Guerry, *Paris, 1867.*

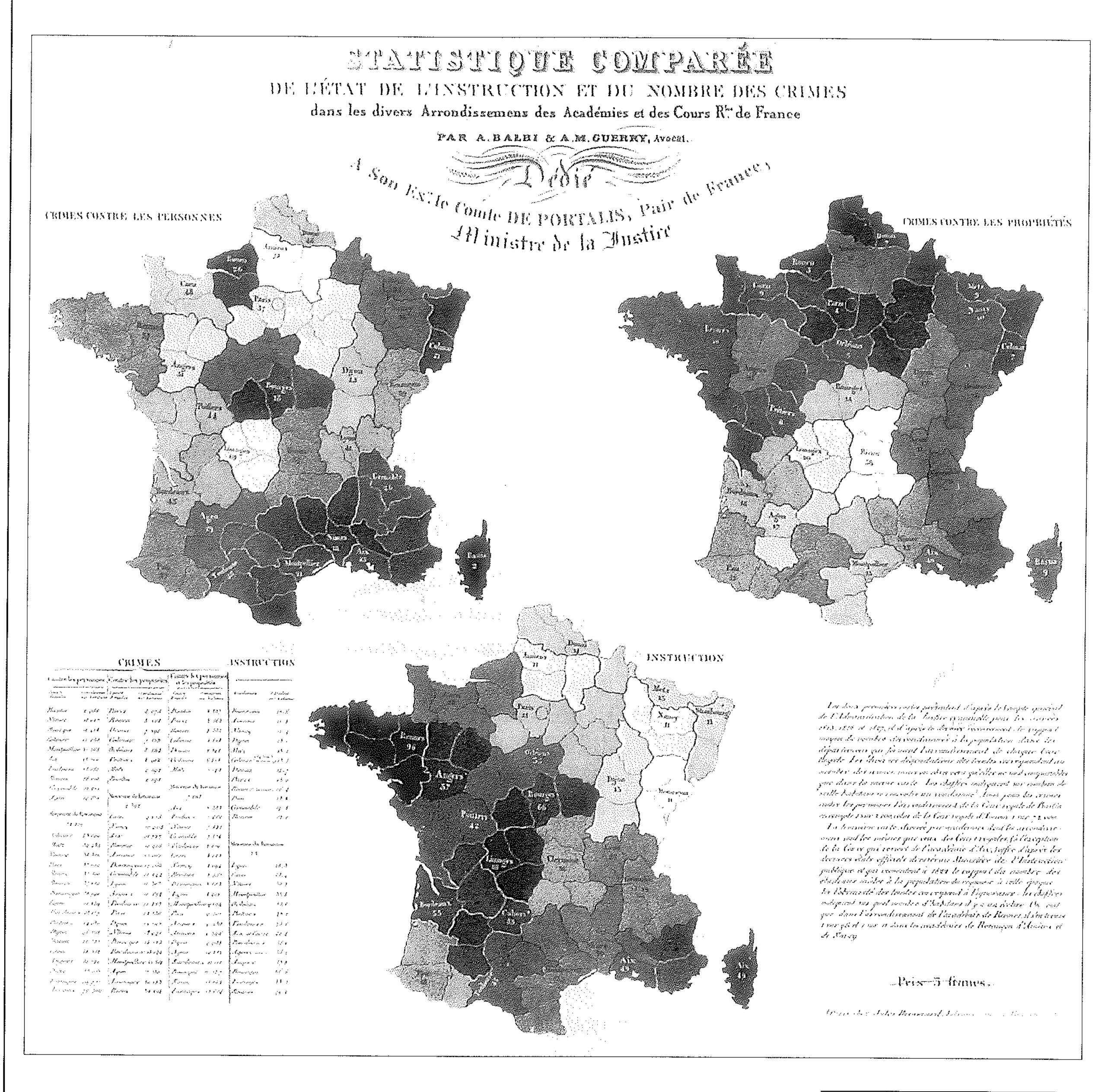


Fig. 19. A.M. Guerry, *Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes*, 1829. (Cliché : B.N., Service photographique.)

des paliers de valeur croissants, obtenus ici, non par des trames, mais par des frottis. La carte de l'instruction présente des résultats parallèles à celle de Dupin : elle illustre une nouvelle fois les remarques de Malte-Brun, selon la même progression visuelle et la même démarche statistique : « Ici l'obscurité des teintes correspond à l'ignorance, les chiffres indiquent sur quel nombre d'habitants il y a un écolier[37] ». Cependant, les contrastes locaux se trouvent altérés : bien qu'il figure les limites départementales, Guerry propose une représentation par académies, ses sources provenant d'un état de 1822 établi dans ce cadre. Le thème de la criminalité constitue la première extension originale de la méthode, peu avant Quételet. Il est évidemment à mettre en rapport avec la formation judiciaire de Guerry. Cette cartographie s'appuie sur le

37. *A.-M. Guerry, 1829, notice.*

premier Compte Général de l'Administration de la Justice Criminelle, statistique mise en place en 1827 par Guerry de Champneuf, directeur des affaires criminelles et des grâces[38]. Là encore, les circonscriptions sont peu fines : les données sont figurées dans le cadre des arrondissements de chaque cour royale de justice (de un à quatre départements) qui d'ailleurs correspondent aux académies. On constate avec ces trois cartes l'adaptation du système graphique à un domaine d'études que Guerry intitule « statistique » ou « analytique morale » : comme chez Dupin, l'échelle des teintes et celle des valeurs morales sont parallèles. L'obscurité, la « noirceur » signifie le crime. Malgré l'usage d'un langage abstrait, l'esprit de cette représentation renvoie encore aux siècles précédents, à la « tentation du naturalisme[39] ».

Par son propos comparatif, la cartographie de Guerry prend une dimension nouvelle. À une époque ou la recrudescence de la violence, même si elle tient plus de l'imaginaire social que de la réalité statistique, est au centre des débats[40], Guerry s'inscrit en faux contre l'idée généralement admise d'une corrélation entre criminalité et ignorance, par la juxtaposition de ses cartes. Il ne s'agit plus seulement de répondre aux questions élémentaires ayant trait à la distribution géographique d'un phénomène. L'œil saisit, dans le rapport des valeurs d'une carte à l'autre, des informations supplémentaires. La cartographie se pose comme intermédiaire entre des données de différente nature. Elle permet une confrontation plus évidente que le rapprochement de données chiffrées. « Pour Guerry, écrit Chartier, le constat doit s'appuyer sur une manipulation statistique et géographique capable de lui donner force de fait. Le détour par le raisonnement spatial est un élément obligé dans un dispositif qui vise à tester les opinions communes et les vérités vulgaires[41] ». Le résultat est pourtant discutable, dans la mesure où Guerry n'avance lui non plus aucune explication sur le mode de construction de ses paliers de valeur. Peut-on légitimement comparer trois séries statistiques différentes, exprimées par une même échelle de teintes ? Par ailleurs, la comparaison entre des cadres administratifs très vastes n'est guère significative. Le raisonnement présente un grave défaut que les historiens anglo-saxons ont qualifié de « tromperie écologique » (*ecological fallacy*)[42]. De la corrélation faite sur des unités collectives, on infère une corrélation sur les individus. Ainsi le lien (ou l'absence de lien) entre criminalité et instruction, constaté au niveau départemental, demanderait à être vérifié au niveau individuel. Guerry n'est d'ailleurs pas le premier à commettre cette erreur puisque Dupin, s'il ne proposait qu'une carte dans ses *Forces productives et commerciales*, avait lui-aussi multiplié les comparaisons de statistiques départementales pour dresser le tableau de la France positive. La « corrélation écologique », malgré ses limites et ses dangers, sera largement reprise par la suite, notamment par le comte d'Angeville, puis les médecins et anthropologues.

Guerry nourrit sa démonstration quelques années plus tard : peu après la réédition de la *Statistique comparée...* dans la *Revue Encyclopédique* d'août 1832, il développe ses analyses en un mémoire présenté en 1833 à l'Académie des sciences : l'*Essai sur la statistique morale de la France*. L'argument demeure « l'énumération et le classement des actions humaines ». Trois

38. *Voir M. Perrot, 1987.*

39. *Expression de R. Caron, 1980, p. 14. Selon Caron, « Aujourd'hui encore, le langage cartographique hésite à renoncer aux séductions du symbolisme figuratif, pour s'imposer les rigueurs d'une taxinomie et d'une syntaxe précisément logique. Dans la théorie du langage cartographique, ce n'est que lentement que la thèse conventionnaliste, et les signes arbitraires qu'elle engendre, gagnent du terrain. L'exigence d'une possible lecture « naturelle » des cartes reste forte. »* (Ibid.)

40. *Voir J.-C. Chesnais,* Histoire de la violence en Occident de 1800 à nos jours, *Paris, 1982, p. 73-78.*

41. *R. Chartier, 1978, p. 402.*

42. *Voir notamment W. Robinson, 1950. Principales références bibliographiques sur cette question dans R. Boudon, 1963.*

cartes s'ajoutent à celles de la Statistique comparée, qui ont trait aux enfants naturels, à la fréquence des legs et donations, et aux suicides. La multiplication des statistiques officielles, après 1827, ouvre le champ de la cartographie quantitative. La carte de l'instruction de l'*Essai...* utilise des données plus précises que la précédente : depuis la levée de la classe 1827, le ministère de la guerre a institué un examen, dont Guerry a compilé les résultats pendant trois ans. De même, à partir de 1829, les comptes de l'administration de justice militaire sont publiés. S'y ajoutent les travaux statistiques de plusieurs savants, tels que Villermé, Benoiston de Châteauneuf, Bienaymé, ou même Dupin. L'*Essai*, couronné par l'Académie, ouvre la voie à l'œuvre cartographique la plus achevée de Guerry, près de trente ans plus tard. Statistique sociale et moyens graphiques sont des instruments scientifiques reconnus, lorsque Guerry réalise en 1860 un atlas de dix-sept cartes destiné à illustrer la *Statistique morale de l'Angleterre comparée avec la statistique morale de la France*[43]. Depuis 1830, la cartographie thématique a connu de notables développements. Guerry rappelle sa publication de 1829, qui s'autorisait des exemples de Humboldt, Dupin et Playfair, et note que son atlas « a précisément pour les faits extérieurs de l'ordre moral, le même objet que l'atlas Berghaus pour les faits de l'ordre physique[44] ». Les sciences de l'homme trouvent leur véritable place dans la cartographie, avec ce retard important sur la géographie physique que nous évoquions plus haut. Un contemporain s'exclame devant ce résultat « Quelles cartes que celles de M. Guerry ! Tel département, tel comté, appartiennent aux incendiaires, telle autre localité semble réservée aux auteurs du plus lâche des attentats. Voyez cette petite province cernée par la mer et les montagnes : eh bien ! elle nourrit plus d'assassins que de vastes contrées. Ici, avec l'énergique ténacité des plantes malfaisantes, germe et se multiplie le vol domestique : plus loin [...] le suicide vient jeter le deuil dans les familles. Elle est vraiment terrible, cette géographie du crime ! Mais si elle nous attriste, elle nous éclaire[45] ».

La statistique morale, c'est-à-dire « l'énumération et le classement des actions humaines », n'est pas cartographiée de manière plus frappante en 1860 qu'en 1829 ou 1833, mais la familiarité avec le code s'est développée. En 1833, Guerry pouvait écrire : « pour rendre plus frappants les résultats auxquels nous sommes arrivés, nous avons eu recours à divers moyens graphiques. Les dégradations de teinte de nos cartes font ressortir à l'instant des rapports de position géographique qui se fussent perdus dans de longues séries de chiffres [...]. Si d'ailleurs il fallait justifier l'emploi de ces méthodes et s'appuyer sur un nom illustre, nous citerions M. Alexandre de Humboldt, qui en a fait souvent l'usage le plus ingénieux, et qui ne pense pas que la science doive dédaigner d'en emprunter quelquefois le secours[46] ». En 1864, si Guerry rappelle une filiation graphique, il ne ressent plus le besoin d'évoquer une quelconque autorité pour légitimer son atlas.

43. *L'ouvrage est en fait publié quatre ans après l'atlas, en 1864.*

44. *A.-M. Guerry, 1864, p. 56.*

45. *E. Vinet,* Journal des débats, *2-3 janvier 1864.*

46. *A.-M. Guerry, 1833, p. III.*

La cartographie du paupérisme

Guerry, par ses premières cartes, fait justice d'un préjugé de son époque, mais il corrige plutôt qu'il n'attaque les idées de Dupin. En revanche, c'est

tout le modèle anglais de civilisation et d'économie, privilégié dans l'ouvrage *Forces productives et commerciales...*, que remettent en cause plusieurs idéologues chrétiens, aristocrates et agrariens[47]. Ainsi Bigot de Morogues développe en 1832 dans ses études sur le paupérisme[48] des conceptions selon lesquelles la France du Sud apparaît moins comme celle du retard que comme celle du bonheur et de la morale. Villeneuve-Bargemont reprend peu après cette analyse, mais il utilise cette fois-ci contre Dupin la force de persuasion de l'image cartographique.

Le vicomte de Bargemont (1784-1850), royaliste et légitimiste, est haut-fonctionnaire sous la Restauration, mais la Révolution de juillet met fin à sa charge de préfet. Il se consacre alors à Paris à des études d'économie politique et à une carrière de député, qu'interrompt la Révolution de 1848. Son ouvrage principal, l'*Économie politique chrétienne*, publié en 1834, vise essentiellement à dénoncer les méfaits du capitalisme industriel. Villeneuve-Bargemont ironise sur Adam Smith et Jean-Baptiste Say, qui donnent des « conseils apparemment fort bons », mais ne fournissant « ni du travail, ni du pain[49] ». Par ailleurs, l'*Économie politique chrétienne* est conçue comme une réplique directe à Dupin : « nous sommes, écrit le vicomte, amenés ici à opposer des faits positifs aux assertions présentées, il y a quelques années, par un écrivain dont le nom a fait autorité dans les sciences économiques[50] ». Évoquant le parallèle du Nord et du Midi de la France établi par le baron Dupin, Villeneuve-Bargemont relève que dans les départements notés comme les plus riches et les plus industriels se trouve le plus grand nombre de pauvres, de population ouvrière « chétive, languissante, et sujette à toutes sortes de maladies ignorées dans les populations agricoles[51] ».

La contradiction est portée avec les mêmes armes que l'adversaire : statistiques et cartes. Villeneuve-Bargemont, pour souligner « les effets numériques et moraux de l'indigence[52] », réalise quatre cartes : *Paupérisme en Europe, Paupérisme en France, Mendicité en Europe, Mendicité en France* (exemple en figure 20)[53]. Toutes sont construites par teintes graduées, procédé que Villeneuve-Bargemont, désireux sans doute de n'être en rien redevable à Dupin, attribue à Malte-Brun. Des tableaux statistiques complètent ces cartes, qui ne comportent ni échelle des distances, ni légende des teintes. Les séries numériques expriment le rapport du nombre de pauvres ou de mendiants à la population générale des départements français, ou des États européens.

Villeneuve-Bargemont avance des chiffres sur le paupérisme plus que discutables. Ceux qu'il donne pour l'Europe sont, il le signale, différents de ceux qu'avait obtenus Adriano Balbi. En ce qui concerne la France, il aboutit à un pauvre pour neuf habitants dans le nord, et un pour vingt et un dans le sud. Les statistiques recueillies, dont l'origine n'est pas clairement définie (les organismes charitables ?), sont incomplètes, reconnaît l'auteur, mais elles lui paraissent suffisantes pour indiquer que le paupérisme, qui « marche partout en raison de la concentration capitaliste, urbaine et industrielle, est plus fréquent en pays manufacturiers, protestants, du nord, qu'en pays agricoles, états catholiques, régions du sud[54] ». La carte de France de la pauvreté

47. *Voir R. Chartier, 1978, p. 402.*

48. *P.M. Bigot de Morogues, 1832.*

49. *Villeneuve-Bargemont, 1834, t. 2, p. 7*

50. Ibid., *p. 37.*

51. Ibid., *p. 45.*

52. Ibid., *p. 1.*

53. Ibid., *Cartes au tome 2, pages 12, 17, 86 et 96.*

54. Ibid., *p. 1.*

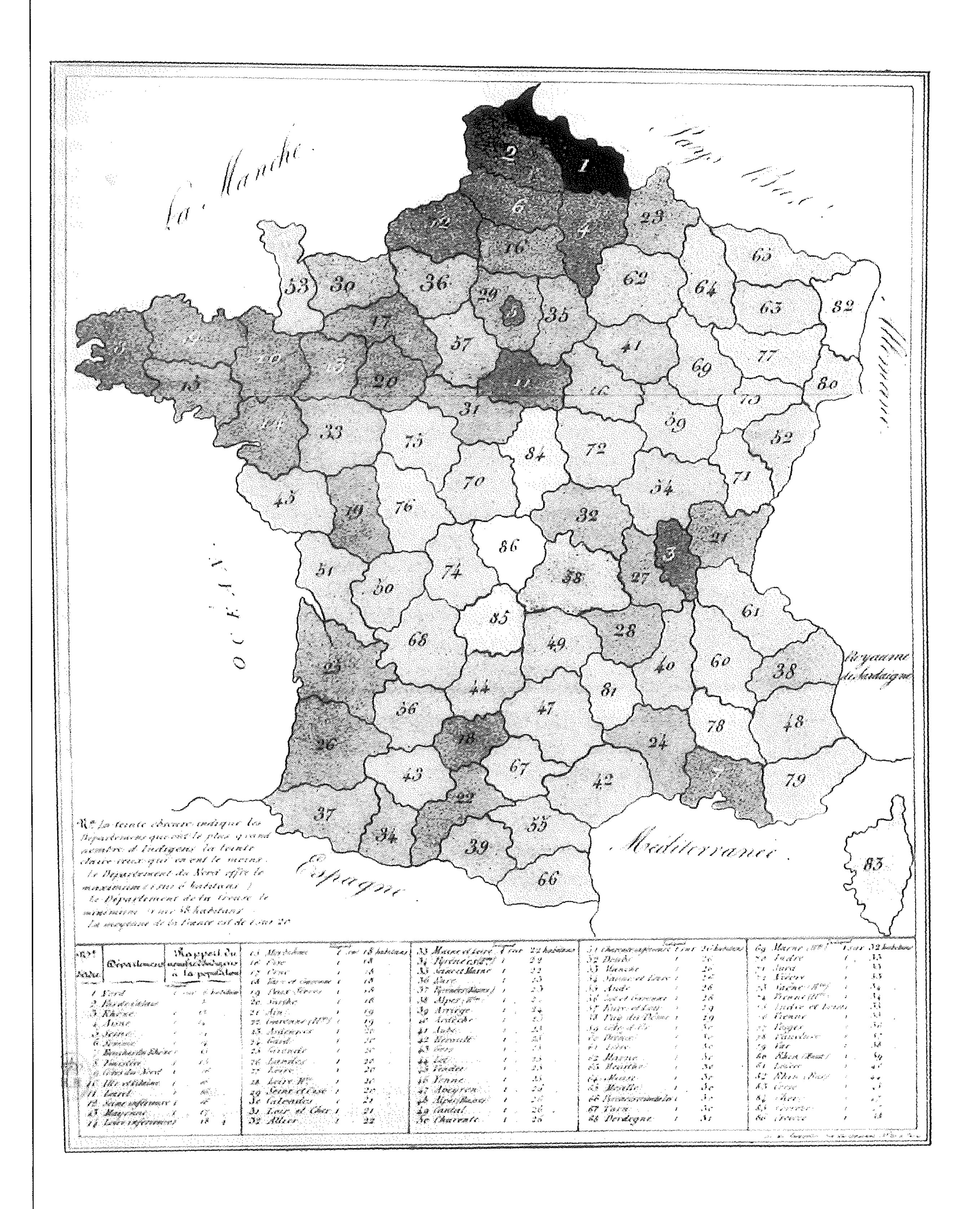

La Manche
Pays Bas
Océan
Méditerranée
Espagne
Royaume de Sardaigne

Fig. 20. Villeneuve-Bargemont, *Paupérisme en France*, 1834. (Cliché : B.N., Service photographique.)

n'est pas l'exact négatif de la carte de Dupin. Villeneuve-Bargemont préfère d'ailleurs définir trois France selon les nuances qu'il observe : une « zone souffrante », une « zone moyenne » et une « zone favorisée ». Néanmoins, le rapport nord-sud est clairement inversé, sauf en ce qui concerne l'ouest armoricain, du point de vue des teintes comme du point de vue de la positivité.

Les cartes de Villeneuve-Bargemont, comme d'ailleurs celles de Dupin ou Guerry, sont bien moins spectacles ou inventaires que moyens de persuasion. Selon R. Caron, la cartographie n'est jamais un acte désintéressé : « l'image qu'il crée, le cartographe la destine à un lecteur, sur lequel il cherche toujours à agir, à produire un effet. La fonction cartographique n'est pas de nature poétique, ou l'est peu ; la fin d'une carte lui est extérieure, son idéal ne s'arrête pas au jeu intrinsèque de la forme. Il faut être éloquent. En ce sens, la cartographie retrouve les préoccupations de la première rhétorique, celle qui, selon la définition d'Aristote, était « la faculté de découvrir spéculativement ce qui, dans chaque cas, peut être propre à persuader[55] ».

55. *R. Caron, 1980, p. 14.*

Ce schéma de la fonction cartographique paraît illustré parfaitement par les cartes de Dupin ou Villeneuve-Bargemont. Pour le premier, « produire un effet » était un objectif clairement affiché. Certes, il paraît difficile d'en faire la clé d'explication de toutes cartes. Pour notre part, nous pensons que bien des images se limitent au jeu de la forme, et ne sont pas sous-tendues par cette recherche de l'éloquence. Par ailleurs, il existe une fonction d'information que l'on ne peut assimiler à une fonction de persuasion, voire de manipulation. Cependant, le rôle démonstratif de certaines cartes, notamment thématiques, doit être pris en considération lorsque les représentations s'inscrivent dans des débats d'idées, économiques, politiques ou scientifiques.

L'*ESSAI* DU COMTE D'ANGEVILLE

Dans les années 1830, l'œuvre du comte d'Angeville tient une place importante en raison de son approche graphique de nombreux thèmes originaux, même si le procédé de représentation doit tout, une nouvelle fois, à Dupin. Le recours à la cartographie par d'Angeville, dans son *Essai sur la statistique de la population française* de 1836, n'est d'ailleurs pas l'unique trait qui le rattache au baron Dupin. Il est comme lui notable provincial et député dans les assemblées de la Restauration, mais surtout, il est aussi le représentant d'une minorité consciente des mutations en cours dans la société française. Il appartient à une génération dont l'idéologie, influencée par le libéralisme et le saint-simonisme, se caractérise par « le respect pour les droits et la sympathie pour les besoins de nos forces productives et commerciales[56] ». Le recours à la statistique et au message graphique accompagne, chez lui comme chez Dupin, de nouvelles préoccupations morales, sociales, et économiques.

56. *C. Dupin, cité par A.J. Tudesq, qui définit cette génération dans « La France romantique et bourgeoise, 1815-1848 », dans G. Duby,* Histoire de France, *Paris, 1970, p. 281.*

Adolphe d'Angeville est né en 1796 à Lompnes, dans une famille de noblesse rurale. Il s'engage à quinze ans dans la marine, navigue une dizaine d'années, puis s'installe sur le domaine familial. Il s'y emploie à l'amélioration agricole, remembrant, développant l'irrigation, les prairies artificielles, le système des fruitières. Il fait même passer son exploitation à la rotation quadriennale, et

y lance vers 1840 l'usage de la batteuse mécanique. E. Le Roy Ladurie voit en d'Angeville « l'homme de l'agronomie savante, de la grande entreprise agissante et concentrationnaire [...], le témoin dans son Bugey, et même l'instigateur, d'une révolution agricole[57] ». Parallèlement, d'Angeville poursuit à partir de 1830 une carrière de politicien libéral. Il représente l'Ain à la Chambre après 1834. Les événements de 1848 mettent fin à son mandat parlementaire, alors même que la population du Jura se mobilise contre lui : le petit peuple inquiet du machinisme et du chômage s'oppose au notable et à ses expériences pionnières. D'Angeville meurt en 1856, après une existence végétative de politicien en retraite.

L'*Essai sur la statistique de la population française*, qui paraît en 1836, n'obtient aucun succès. Peut-être est-ce lié à son éditeur provincial, mais sans doute est-il aussi trop tôt pour que cet ouvrage rencontre un large public. Il reflète une pratique d'entrepreneur et une conception du progrès socio-économique encore peu partagées. D'Angeville diffuse toutefois les idées de l'*Essai*, entre 1842 et 1848, à l'occasion d'interventions parlementaires qui célèbrent la productivité et les bienfaits du progrès technique. L'*Essai* peut, quant à son contenu, être rapproché des *Forces productives et commerciales*. Cependant, la cartographie y tient une place bien différente : d'Angeville dessine seize cartes qui constituent, avec huit tableaux de résultats numériques, l'un des trois grands chapitres du livre. La carte apparaît comme un élément essentiel de l'analyse des résultats statistiques, et l'illustration cartographique est donc systématique. Cette première somme de la cartographie quantitative puise son originalité, sa richesse, dans une connaissance extensive des données numériques alors disponibles. « L'intéressant, chez d'Angeville, c'est le quantitatif : les appréciations, sous sa plume, sont motivées par les chiffres. Et de ce fait, elles ont un contenu substantiel, qu'elles n'offraient guère dans les récits des voyageurs d'autrefois [...]. Chaque affirmation descriptive, même fleurie d'épithètes, est lourde d'un contenu statistique, quantitatif, cartographique, issu des dossiers les plus massifs et, simultanément, les plus personnels qui soient. Car le député de Belley a parcouru d'un bout à l'autre les possibilités de la statistique française de son temps.Il la connaît à fond, comme il connaît les chemins de son Jura. La limpidité de son style ne doit donc pas rendre sceptique sur la densité de sa réflexion[58] ».

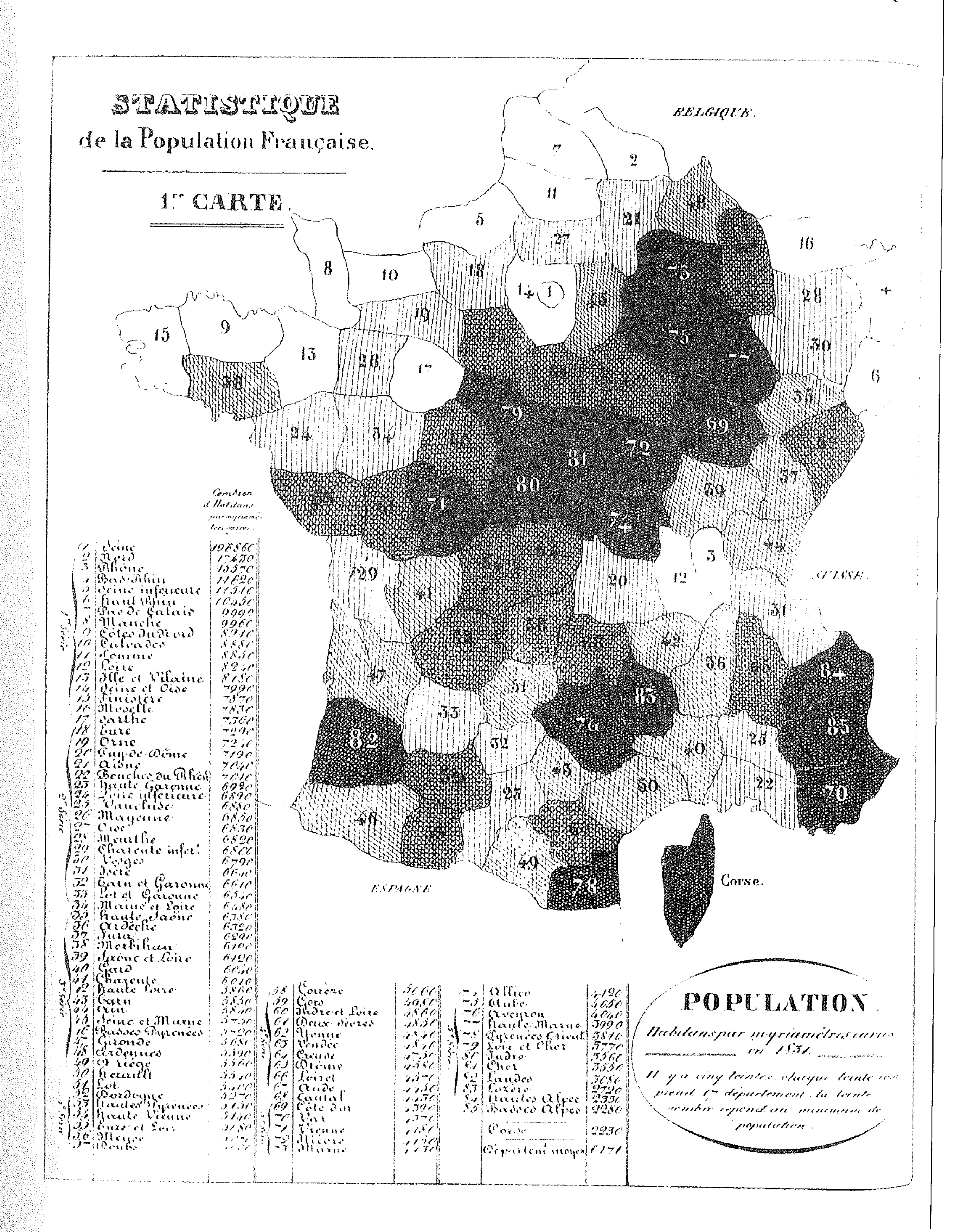
D'Angeville dresse une cartographie de la population sous presque tous les rapports alors envisageables[59]. Outre une carte de l'instruction, il prolonge la géographie morale de Guerry et Quételet : carte des crimes, des bâtards et des enfants trouvés, de « l'esprit de chicane », de l'insoumission militaire et de la résistance à l'impôt. Il adapte d'autre part les teintes graduées aux données démographiques (densité de population, augmentation annuelle, « vie moyenne »), socio-économiques (nombre d'agriculteurs, industrie, alimentation) et enfin anthropologiques (taille et constitution physique) (exemple en figure 21). Cette cartographie anthropologique se fonde sur des indicateurs inédits, issus des archives du recrutement militaire, source exceptionnelle de données numériques. De même, la carte de l'industrie est la première expérience de cartographie quantitative sur ce thème. C'est aussi une première

Fig. 21. A. d'Angeville, *Statistique de la population française, 1re carte : population*, 1836. (Cliché : B.N., Service photographique.)

57. *E. Le Roy Ladurie,* Préface *à la réimpression de l'*Essai..., *Paris, 1969, p. VIII et p. XII. (Réédition de ce texte dans E. Le Roy Ladurie, 1973, p. 349-392). Nous empruntons à cette préface une grande partie des indications biographiques sur A. d'Angeville. Voir également :* Le biographe et le nécrologe réunis, *Paris, 1836, t. 4, p. 278 ; et* Biographie politique et parlementaire des députés, *Paris, 1839, p. 5.*

58. Ibid., *p. XVIII.*

59. *Voir l'annexe I.*


STATISTIQUE
de la Population Française.
1.re CARTE.
BELGIQUE.
SUISSE.
ESPAGNE.
Corse.
Combien d'Habitans par myriamètres carrés.
1 Seine 19860
2 Nord 17430
3 Rhône 13570
4 Bas-Rhin 11620
5 Seine inférieure 11310
6 Haut Rhin 10430
7 Pas de Calais 9990
8 Manche 9960
9 Côtes du Nord 8910
10 Calvados 8880
11 Somme 8830
12 Loire 8240
13 Ille et Vilaine 8180
14 Seine et Oise 7990
15 Finistère 7870
16 Moselle 7830
17 Sarthe 7360
18 Eure 7290
19 Orne 7210
20 Puy-de-Dôme 7190
21 Aisne 7040
22 Bouches du Rhône 7010
23 Haute Garonne 6920
24 Loire inférieure 6890
25 Vaucluse 6880
26 Mayenne 6850
27 Oise 6830
28 Meurthe 6820
29 Charente infér. 6800
30 Vosges 6790
31 Isère 6650
32 Tarn et Garonne 6610
33 Lot et Garonne 6540
34 Maine et Loire 6480
35 Haute Saône 6380
36 Ardèche 6320
37 Jura 6290
38 Morbihan
39 Saône et Loire 6120
40 Gard 6040
41 Charente 6010
42 Haute Loire 5860
43 Tarn 5850
44 Ain 5840
45 Seine et Marne
46 Basses Pyrénées 5720
47 Gironde 5680
48 Ardennes 5590
49 Ariège 5560
50 Hérault 5540
51 Lot 5400
52 Dordogne 5270
53 Hautes Pyrénées 5150
54 Haute Vienne 5140
55 Eure et Loir 5080
56 Meuse
57 Doubs
58 Corrèze
59 Gers
60 Indre et Loire 4860
61 Deux Sèvres 4850
62 Yonne
63 Vendée
64 Creuse
65 Drôme
66 Loiret
67 Aude
68 Cantal
69 Côte d'or
70 Var
71 Vienne
72 Nièvre
73 Marne
74 Allier 4120
75 Aube 4050
76 Aveyron 4040
77 Haute Marne 3990
78 Pyrénées Orient. 3840
79 Loir et Cher 3770
80 Indre 3560
81 Cher 3550
82 Landes 3080
83 Lozère 2720
84 Hautes Alpes 2330
85 Basses Alpes 2280
Corse 2230
Départemt moyen 6171
1.re Série
2.e Série
3.e Série
4.e Série
5.e Série
POPULATION.
Habitans par myriamètres carrés en 1831.
Il y a cinq teintes chaque teinte comprend 17 départements la teinte sombre répond au maximum de population.

carte de synthèse : le niveau d'industrialisation de chaque département est déduit de la corrélation de plusieurs indices différents : nombre de forges et usines, d'industriels, de patentes et de patentables[60].

D'Angeville est l'un des premiers auteurs qui fournisse certains détails sur le mode de construction de ses cartes. Il expose ainsi son procédé de division des séries statistiques : « Nous avons admis cinq séries de départements [...]. Il y a donc cinq teintes sur la carte, et chacune comprend 17 départements[61] ». Ne nous appesantissons pas sur l'arbitraire de la méthode : les cartes de d'Angeville précèdent de plusieurs dizaines d'années les premières réflexions sur les modes de division d'une série numérique. Cependant, ce souci d'égaliser le nombre de départements pour une même teinte, qui peut sembler alors rationnel, ajoute encore aux défauts propres aux cartes nuancées. Le procédé nivelle les différences départementales, masque les regroupements et les extrêmes statistiques. Il s'agit donc plus de l'illustration d'une hiérarchie départementale à cinq niveaux que de la figuration de la série numérique de base. On pourrait penser qu'avec ces seize cartes, le système Dupin parvient à davantage d'autonomie, que l'échelle des valeurs est acceptée en tant que convention arbitraire. Or, d'Angeville puise encore dans l'analogie et perpétue un a priori de représentation : la progression de ses teintes ne suit pas toujours la progression numérique. Certaines séries de chiffres s'inversent en passant du tableau à la carte : « ce défaut d'unité provient du besoin que nous avons éprouvé, pour les cartes nuancées, de nous conformer aux usages reçus, qui veulent, par exemple, que les teintes claires répondent aux départements qui ont le moins de bâtards, le moins d'enfants trouvés, ou le moins de procès[62] ». La clarté sur la carte traduit donc toujours la lumière morale, mais, plus surprenant encore, la lumière physique, bien que nul usage ne soit reçu sur ce point : pour la carte des portes et fenêtres (carte n° 10), la teinte sombre répond au minimum d'ouvertures. D'Angeville met en rapport le ton choisi avec les ténèbres des habitations, et envisage même ces dernières comme un facteur d'ignorance des populations ! Aussi surprenante est la carte de la population, exprimée en habitants par myriamètres carrés (figure 21) : elle paraît aussi porter un jugement moral sur le niveau de peuplement puisque les teintes sombres correspondent au minimum de population.

Cette cartographie par teintes graduées, bien que d'expressivité somme toute réduite, conduit d'Angeville à adopter, non sans quelques nuances, les remarques de Dupin sur l'existence d'une séparation fondamentale du territoire français : « Plus on étudie la statistique de l'homme, plus on trouve cette division nécessaire sous le rapport des faits qui se rattachent à la population. On serait en effet tenté de croire que deux populations sont venues se heurter en France sur la ligne qui joindrait le port de Saint-Malo à la ville de Genève[63] ». Cette bipartition de l'espace français est sans doute l'un des premiers grands enseignements géographiques apporté par la « statistique de l'homme ». Malgré les insuffisances ou approximations statistiques, l'omission de certains facteurs significatifs, l'essai d'économie politique du comte d'Angeville constitue une « véritable géographie du développement[64] ». Les

60. *Par l'utilisation de ces deux derniers paramètres, A. d'Angeville inclut le secteur commercial dans l'industrie.*

61. *A. d'Angeville, 1836, p. 349.*

62. Ibid.

63. Ibid., *p. 16.*

64. *E. Le Roy Ladurie, 1969, p. XVIII.*

prémisses de la cartographie quantitative accompagnent donc une pensée historiquement progressiste. Ces premières représentations se prolongeront naturellement dans l'œuvre de théoriciens des sciences humaines et d'acteurs de la révolution industrielle.

LA GRAPHIQUE COMME NOUVELLE RHÉTORIQUE

Guerry et d'Angeville, en se réclamant de « la célèbre carte de l'instruction primaire[65] », accordent à leur tour une importance majeure au moyen de parler aux yeux. Guerry utilise les dégradations de teinte pour rendre « plus frappants » ses résultats. D'Angeville souligne : « nous avons éprouvé souvent combien les moyens graphiques suppléent à l'aridité des énumérations ; on arrive ainsi sans aucune fatigue d'esprit à fixer l'attention sur beaucoup de points qui eussent échappé à l'investigation ; et ce fait est si vrai que, même après avoir fait des calculs sur chaque objet, nous avons quelquefois éprouvé que l'ensemble n'était bien présent à notre esprit, que lorsque la carte des départements avait été nuancée dans une progression analogue à celle des résultats obtenus[66] ». Après les diagrammes, les cartes se voient reconnaître une valeur de communication des résultats scientifiques. Contre l'opinion de Peuchet, l'expression graphique trouve toute sa place dans la statistique morale. Les images persuadent, autant l'auteur que le lecteur, autorisent une vision synthétique des données et suscitent de nouvelles informations. Toutefois, on n'envisage pas encore de règles à ce langage des signes, et l'on entrevoit à peine l'étendue de ses possibilités.

65. *A.-M. Guerry, 1864, p.* LVI.

66. *A. d'Angeville, 1836, p. 15.*

Frère de Montizon et la carte statistique par points

L'œuvre de Frère de Montizon confirme l'attention portée à l'homme en ce début du XIXe siècle, ainsi que la substitution de nouvelles solutions graphiques à l'archaïsme de l'écriture directe des statistiques sur la carte. Comme Dupin et ses disciples immédiats, Frère de Montizon n'appartient pas au milieu traditionnel des cartographes, ce qui explique sans doute l'originalité de ses centres d'intérêt. Ce professeur de sciences, également auteur de quelques cartes non statistiques, est l'un des premiers qui tente de figurer la distribution de la population, en valeur absolue, en s'écartant du procédé de la carte teintée.

Graphique et mysticisme

Unique carte statistique au sein d'une œuvre confidentielle, la *Carte philosophique figurant la population de la France*, de Frère de Montizon (figure 22), est passée presque inaperçue jusqu'à ces dernières années[67]. Elle n'a

67. *Cette carte est analysée par Edgar Kant, 1970, puis mentionnée dans J. Konvitz, 1981, et A.H. Robinson, 1982.*

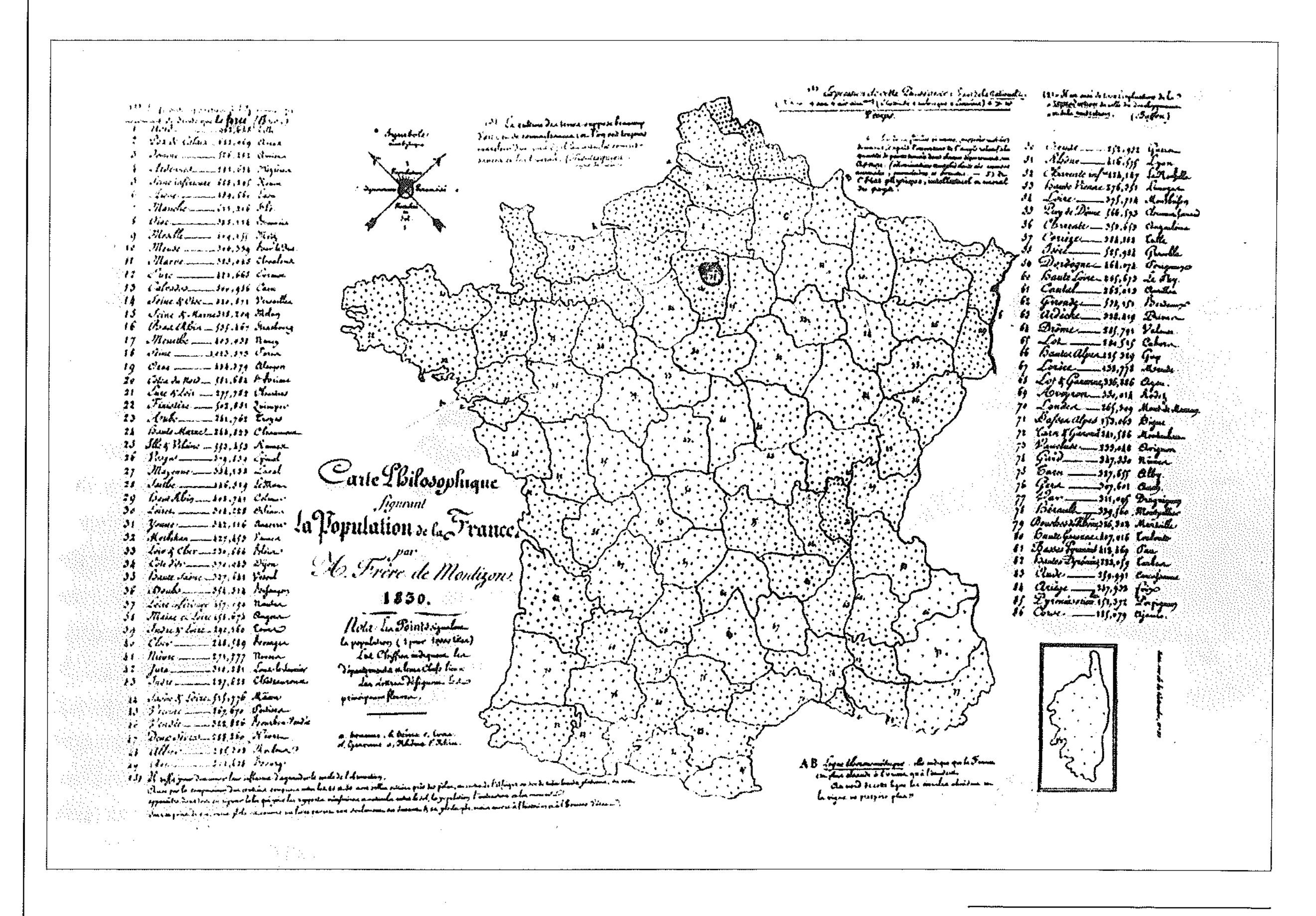


Fig. 22. A.J. Frère de Montizon, *Carte philosophique figurant la population de la France*, 1830. (Cliché : B.N., Service photographique.)

d'ailleurs de son temps aucun écho comparable à celle de Dupin. Cet oubli est, selon Robinson, un « accident de l'histoire [68] », pour une œuvre qui prend rang au côté des plus importantes innovations cartographiques de l'époque. Frère de Montizon ne bénéficie pas, il est vrai, de la stature politique du baron Dupin, grand notable orléaniste, et sa carte, peu diffusée, est sans doute moins frappante visuellement que la carte de l'instruction primaire. Aussi est-ce bien après 1830 que le « système de Montizon » est appliqué une seconde fois en France.

Le personnage lui-même est bien oublié. Armand Joseph Frère de Montizon naît vers 1788, d'un père ingénieur, maître d'œuvre du canal de Saint-Maur, et d'une mère artiste, fondatrice d'une école de dessin. Il suit des études scientifiques, puis mène sous l'Empire une carrière militaire, en tant qu'officier de santé de l'armée en Italie, puis vérificateur-adjoint des comptes en médecine des armées. En janvier 1818, la commission de l'instruction publique l'autorise à faire un cours public de mathématiques élémentaires, de chimie et de physique expérimentale à Paris [69]. Frère de Montizon s'intitule lui-même « professeur de sciences exactes » ou professeur-ès-sciences de l'Académie de Paris. Son enseignement s'accompagne, entre 1818 et 1847, de la publication de divers ouvrages scientifiques, et de collaborations à plusieurs revues (*Annales de physique*, *Annales de chimie*, *Journal de pharmacie*, *Gazette des hôpitaux*...) qui lui valent d'être mentionné honorablement à

68. *A.H. Robinson, 1982, p. 113 : les procès-verbaux des séances de l'Académie des sciences signalent cependant la réception de la carte de Frère de Montizon lors de la séance du 22 novembre 1830. Malheureusement, le baron Coquebert-Montbret, chargé d'un rapport, décède en avril 1831.*

69. *Archives Nationales, cote F17-1874, 2e répertoire, arrêté du 23 janvier 1818.*

l'Institut et à l'Académie des Sciences de Londres. Il écrit encore différents ouvrages éducatifs, de morale ou d'histoire[70]. Une grande partie de ces écrits, souvent traversés de discours mystico-philosophiques obscurs, ainsi que quelques cartes et gravures, contribuent à faire fonctionner une petite imprimerie-lithographie dont Frère de Montizon a reçu le brevet en janvier 1821, et qu'il exploite conjointement avec son frère cadet[71]. Après 1848, on perd sa trace. Cette année-là, une commission du ministère de l'Instruction publique et des Cultes lui alloue une indemnité après examen de ses titres. Le rapport de cette commission le décrit ruiné par son imprimerie, puis par ses placements malheureux dans le chemin de fer[72]. En 1856, il est déclaré « introuvable » par l'administration du ministère de l'intérieur, qui annule son brevet d'imprimeur[73].

La publication d'une seule carte statistique, en 1830, peut apparaître accidentelle dans l'œuvre de Frère de Montizon. En fait, on peut retrouver à plusieurs reprises chez notre auteur le recours à la graphique, et même l'innovation cartographique. Il fait souvent appel aux « formes linéaires » pour appuyer ses démonstrations philosophiques. Sa formation scientifique explique peut-être cette familiarité avec le langage graphique. Frère de Montizon utilise par exemple des diagrammes circulaires pour traduire les développements historiques : des systèmes de cercles concentriques, qu'il nomme « cocardes », expriment les époques successives, et illustrent sa conviction qu'il existe un sens et une périodicité de l'histoire. Il trace également des diagrammes proprement statistiques, ainsi vers 1834 des cercles proportionnels aux représentations parlementaires selon les partis, ou une pyramide exprimant le rapport entre la masse des Français, les électeurs et les députés. Ces derniers diagrammes accompagnent d'ailleurs les seules autres cartes thématiques réalisés par Frère de Montizon, en dehors de sa carte de la population. Celles-ci nous confirment que son utilisation de l'outil cartographique n'est pas fortuite et que son esprit d'innovation est considérable : il est en effet l'auteur des premières cartes électorales connues, portant sur la chambre des députés en 1834 et 1835[74]. Il y développe son habituel discours illuminé, professant au passage sa foi dans le *Nombre*[75], et traduit par ailleurs de manière très moderne, à l'aide de la couleur, variable visuelle qualitative, les résultats politiques selon les circonscriptions[76].

La *Carte philosophique figurant la population de la France* précède de quelques années ces cartes électorales. Elle porte la marque de l'esprit philosophique de Frère de Montizon, qui l'habille de symboles hermétiques, maximes métaphysiques et autres étranges formules (figure 22). La volonté démonstrative est constante chez l'auteur : de même que ses cartes électorales viennent appuyer sa vision de l'histoire (celle-ci aurait un sens, une périodicité et une prédétermination, ce qu'exprimerait l'évolution du vieux vers le jeune, de la vieille France vers la France moderne, des légitimistes aux républicains), la population est étudiée sous l'angle « philosophique » : Frère de Montizon tient à la mettre en rapport avec « l'état physique, intellectuel et moral du pays ». Cette démonstration passe par des citations et des formulations mathématiques des plus obscures. On peut néammoins remarquer

70. Petit cours de morale et d'histoire, *s.l.n.d.*
Essai d'une page synoptique sur la philosophie de l'histoire de France, *Paris, 1836.*
Abrégé de l'histoire de France, *Paris, 1837.*

71. *Archives Nationales, F18-1804 : Imprimeurs, libraires et lithographes, dossiers des brevetés, Paris, 1815-1870.*

72. *Archives Nationales, F17-3154 : Indemnités littéraires et scientifiques, XIXe siècle, dossiers individuels.*

73. *Archives Nationales, F18-1750 : Imprimeurs, libraires et lithographes, dossiers des brevetés, Paris, 1815-1870, dossier Courtin.*

74. Carte figurative de la France politique en 1834, *Paris, A. Montizon, s.d.*
Carte figurative de la France électorale, *Paris, P. Dupont, s.d.*

75. *F. de Montizon écrit en note de sa seconde carte : « Cette carte est comme le Tableau Kaléïdoscopique de l'opinion électorale résultant de la rencontre de trois constants intérêts du temps* [passé, présent et avenir, d'après le renvoi à une citation de Pascal] *et des nombres transitoires 170 161 et 32 746 046* [électeurs censitaires, et total de la population] *d'où l'on peut dire encore : Mundum regunt numeri. »*

76. *Dans la première carte, les départements sont divisés en « tranches » coloriées en bleu (ministériel), rouge (opposition) et blanc (légitimiste). La seconde carte, plus élaborée, est teintée suivant les véritables circonscriptions électorales, et porte sur quatre options politiques : ministériel, républicain, légitimiste et tiers-parti.*

que Frère de Montizon trace sur sa carte une droite AB, de Saint-Nazaire à Maubeuge, qu'il nomme « ligne thermométrique » ; « Elle indique, note-t-il, que la France est plus chaude à l'orient qu'à l'occident. Au Nord de cette ligne, les céréales abondent et la vigne ne prospère plus ». Bien que peu convaincante, cette nouvelle partition de l'espace français vise à mettre l'accent sur la corrélation entre climat, productions végétales et nombre d'habitants (ce que la carte ne démontre guère de façon explicite). Cette ligne thermométrique se veut-elle une réponse aux réflexions de Dupin ou Guerry ? La ligne Saint-Nazaire-Maubeuge, contre la ligne Saint-Malo-Genève ? Nous manquons d'éléments pour répondre à ces questions. Il reste possible que Frère de Montizon ait eu connaissance de la carte du premier nommé, comme peut l'indiquer l'emploi de l'expression « carte figurative » pour ses cartes électorales.

Les faiblesses visuelles du procédé

La carte de Frère de Montizon, construite par points, est sans doute la première du genre. Elle précède de près de 30 années le second exemple recensé par Edgar Kant, une carte de la répartition de la population dans la péninsule scandinave, réalisée en 1859 par Thure Alexander von Mentzer, officier suédois[77]. En 1961, Hargreaves ne mentionnait encore qu'un exemple néo-zélandais de 1863 : une carte sans titre incluse dans un mémorandum sur les routes et implantations militaires dans l'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande[78]. Nous verrons toutefois que cette méthode est employée dans les milieux médicaux pour des cartes à grande échelle.

La *Carte philosophique* est conçue de manière très simple. Frère de Montizon choisit d'y traduire des quantités absolues, à la différence de Dupin, tout en conservant comme ce dernier le principe d'une répartition suivant les divisions départementales. Le département est ici zone de comptage pour la population, exprimée par un nombre de points égaux proportionnel au nombre d'habitants, dans un rapport de 1 pour 10 000 (*cf.* la notice de la carte : « Les points signalent la population. 1 pour 10 000 têtes »). Ce système correspond aux définitions anglo-saxonnes de la carte par points, ou *dot map*, dans la mesure où un signe ponctuel traduit *n* objets, *n* étant différent de 1[79]. Les cartes médicales immédiatement postérieures usent du point pour exprimer une unité.

De toute évidence, le comptage des points demande un effort de lecture supérieur à celui d'une table statistique. Une telle table figure d'ailleurs en marge de la carte philosophique. C'est en fait un effet visuel qui est recherché : les points n'ont pas une valeur de localisation, mais s'organisent en une trame plus ou moins serrée, produisant un effet de valeur qui doit faire apparaître les caractères de la répartition géographique de la population. Le système est en fait difficile à maîtriser. Son expressivité est fonction de la taille des aires de comptage, et du choix de la valeur quantitative du point. L'image offerte par Frère de Montizon est plutôt celle d'une trame uniforme. Les points sont trop petits, et leur multiplication n'accroît que très peu la surface de noir. Leur distribution dans l'aire assez vaste du département

77. *E. Kant, 1970, p. 8-9.*

78. *R.P. Hargreaves, 1961, p. 37-39.*

79. *J. Bertin (1973, p. 361) ne parle, pour ce type de cartes, que d'une « quantité proportionnelle de points », ce qui inclut théoriquement le cas où un point (ou un symbole ponctuel) traduit un objet.*

nivelle les différences de répartition. Les seules inégalités apparentes sont surtout le fait du dessin irrégulier des points : la Corse, où ils sont très peu appuyés, paraît sous-peuplée ; la Gironde, affectée de gros points, ressort beaucoup sur la carte. Enfin, la concentration de la population de la Seine est quasiment gommée par la réduction de la surface des points.

Dans la mesure où le comptage restitue effectivement le chiffre de population départementale, la carte a une valeur plus statistique que géographique. Selon certains théoriciens de la cartographie, il faut considérer de telles représentations comme des cartogrammes plutôt que des cartes[80]. La valeur visuelle, l'efficacité de la carte de Frère de Montizon est donc faible. Il faut cependant signaler que notre auteur ne dispose pas de statistiques assez précises, par commune ou par canton, pour pouvoir réaliser une carte suffisamment expressive. Au niveau départemental, les contrastes sont amortis, surtout dans le cas de chiffres absolus de population. Frère de Montizon n'évoque d'ailleurs jamais, comme le faisaient Playfair ou Dupin, l'avantage de « faire apparaître à l'œil » des données numériques, ou les qualités intrinsèques de l'image. La *Carte philosophique* est sans doute plus à considérer comme ouvrant la voie à un nouveau système de figuration des statistiques, qu'en fonction du résultat graphique obtenu. C'est d'ailleurs sous le rapport de la méthode que Edgar Kant la qualifie d'« important monument historico-cartographique[81] ». Cette carte matérialise enfin, peu avant l'*Essai* de d'Angeville, la curiosité nouvelle pour la statistique démographique. Celle-ci s'affirmera après 1840, s'appuyant sur les données, de plus en plus précises, fournies par l'état-civil et les recensements de population.

80. *Le terme* cartogramme *est cependant réservé, dans le vocabulaire cartographique français, aux figurations de diagrammes en place sur un fond de carte, qualifiant un point ou une division de l'espace géographique.*

81. « Wichtig historisch-kartographisch Denkmal ». *E. Kant, 1970, p. 9.*

Vers la cartographie quantitative en médecine

Hygiénistes et médecins sont parmi les premiers à exploiter largement les possibilités offertes par le nouveau langage de la cartographie quantitative. L'étude du thème des maladies apparaît d'autre part représentative de l'évolution générale de la cartographie, depuis ses formes classiques jusqu'à ses expressions thématiques.

La médecine, la géographie et le Nombre

Cette approche ne peut prétendre à l'exhaustivité, tant les cartes médicales sont isolées, éparpillées : aux ouvrages et traités médicaux, rapports sanitaires et revues spécialisées, s'ajoutent de nombreuses études émanant d'une « para-médecine », d'auteurs non spécialistes, d'érudits locaux qui se penchent occasionnellement sur les matières médicales. Malgré les difficultés que posent les sources, la médecine est un passage obligé pour l'historien de la cartographie. La carte trouve là un terrain propice à son développement, en liaison avec les

courants de la topographie puis de la géographie médicale : aux XVIIIe et XIXe siècles, les ouvrages ayant trait à cette spécialité sont nombreux. Ils envisagent les relations entre les diverses circonstances locales et la santé des habitants, ouvrant ainsi la voie à la représentation de la distribution géographique des maladies. Le caractère endémique de certaines affections, facilement identifiable en plusieurs lieux (comme les régions marécageuses), explique qu'en 1820, lors de la fondation de l'Académie de Médecine, M. Pariset prône, « pour éclairer la médecine et l'administration », la reprise de « ce beau travail de topographie, dont la Société Royale a proposé de si beaux modèles[82] ». Une écriture géographique des maladies devait suivre d'assez près cette affirmation des liens solides qui existaient entre pathologie et topographie, fondement de la théorie des foyers d'infection, développée au XIXe siècle pour faire pièce aux doctrines contagionnistes[83]. Mais la médecine se signale également par un recours précoce aux sources et aux méthodes statistiques. La statistique médicale, bien que controversée, connaît quelque succès à partir du second quart du XIXe siècle, comme en témoigne la naissance des *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, revue largement ouverte aux contributions statistiques, ou encore la mise au point de la méthode numérique par P.-C. Louis (1787-1872), qui consiste en l'induction des caractères d'une maladie à partir de l'étude détaillée d'un certain nombre de cas.

Plusieurs études étrangères ont clairement indiqué le rôle central des médecins dans la naissance ou la diffusion de nouveaux procédés graphiques. Ainsi, L.G. Stevenson relève les premiers exemples de cartographie médicale aux États-Unis. Il s'agit de cartes de répartition, par points ou par taches (*dot maps* ou *spot maps*, suivant la terminologie anglo-saxonne), des cas de fièvre jaune[84]. Le chirurgien new-yorkais Valentine Seaman dresse de telles cartes dès 1798. Il est imité en 1820 par le Dr Félix Pascalis-Ouvière, médecin américain d'origine française ou encore par le Dr Samuel Cartwright en 1826. En Angleterre, le Dr Robert Baker illustre en 1833 un rapport sanitaire (*Report to the Leeds Board of Health*) par un plan du choléra dans la ville de Leeds, en indiquant par des hachures et une couleur rouge l'extension des quartiers atteints[85]. Les études sur le choléra Outre-Manche donnent également naissance aux cartes du Dr Robert Perry en 1844, sur l'épidémie de 1842 à Glasgow[86], de W.P. Ormerod en 1848, dans *The sanatory condition of Oxford*, ou du médecin Thomas Shapter en 1849, dans son histoire de l'épidémie de choléra d'Exeter. En 1855 et 1856, les cartes par points des docteurs Snow et Acland sont plus élaborées encore. Il s'agit cette fois-ci de véritables œuvres statistiques. La première de ces cartes est annexée par Snow à la seconde édition de son traité : *On the Mode of Communication of Cholera*. Elle présente la distribution des décès dans le quartier londonien de Broad Street (figure 23). Acland, membre de la Royal Geographical Society, joint quant à lui plusieurs cartes au *Memoir on the Cholera at Oxford in the Year 1854*. Il utilise une variation de forme en implantation ponctuelle pour exprimer les différentes dates des poussées épidémiques et distinguer les cas cliniques. En 1852, le géographe allemand Augustus Petermann, alors résident en Angleterre, emploie pour une *Cholera Map of the British Isles*[87] la

82. *Cité par H. Bertrand, 1869, p. 182.*

83. *Face à la théorie de la diffusion des épidémies par la transmission d'un germe vénéneux lors du contact entre individus, les anticontagionnistes affirment que les maladies épidémiques résultent des « exhalaisons miasmatiques » d'un foyer strictement localisé, naissant spontanément lorsque sont réunies certaines conditions topographiques et climatiques. Ainsi, pour la fièvre jaune des Antilles, le foyer se constituerait dans les plaines littorales marécageuses, sous l'influence des vents du sud, lors de l'hiver tropical.*

84. *L.G. Stevenson, 1965. La plupart des références qui suivent sont empruntées à cet article.*

85. *Sur la cartographie médicale britannique, voir E.W. Gilbert, 1958.*

86. *Carte signalée par A.H. Robinson, 1982, p. 173.*

87. *A. Petermann,* Cholera Map of the British Isles, Showing the Districts Attacked in 1831, 1832 and 1833, *Londres, John Betts, 1852.*



Fig. 23. J. Snow, *Carte des cas de choléra dans le quartier de Broad Street à Londres*, 1855. (Cliché : B.N., Service photographique.)

variation de valeur en ombrage progressif (système dit du « *shading* »), et la même variable, échelonnée en six paliers de rouge, pour indiquer sur un petit plan de Londres la proportion des décès cholériques par rapport à la population totale. Toutefois, le système Dupin avait été appliqué au thème médical seize ans auparavant, en Allemagne, par Rothenburg[88].

Ce survol de la cartographie médicale anglo-saxonne peut nous servir de cadre chronologique pour l'examen de la production française. Mais il persuade d'autre part de cette originalité relevée par Konvitz : les innovations cartographiques, tant du point de vue du langage que des thèmes, sont au XIXe siècle pluri-nationales et simultanées : aucun pays ne domine la cartographie occidentale, comme la France au XVIIIe siècle. Les nouveautés sont suscitées par une conjoncture scientifique et technique internationale[89]. La France médicale participe de près à ce mouvement général. Peu d'innovations, certes, mais une tradition cartographique continue qui fera des médecins français les premiers à recueillir l'héritage de Dupin.

88. *Sur la cartographie médicale allemande, voir H.J. Jusatz, 1939.*

89. *J. Konvitz, 1981, p. 96.*

Du théâtre des maladies à l'expression graphique des épidémies

LA CARTOGRAPHIE MÉDICALE CLASSIQUE

À l'origine, la représentation traditionnelle du monde tient lieu d'illustration des ouvrages médicaux : la carte médicale, non seulement ne se détache pas du

visible, mais elle est le visible. Dans ce premier état, en liaison avec les préoccupations de géographie et de topographie médicales, les cartes ne présentent que le cadre, le théâtre d'une maladie. Les exemples en sont nombreux. Relevons le plan de Padoue d'Urbain Salmon[90], le plan de Barcelone illustrant l'histoire de la fièvre jaune dans cette ville par les docteurs Bally, François et Pariset[91], celui de Nîmes, joint à un rapport sur le choléra de Girard et Fontaines[92]. Bien d'autres encore sont dessinés au cours de la première moitié du XIXe siècle.

Ces représentations sont proches par leur esprit des cartes militaires ou du « théâtre de la guerre », puisque le cartographe considère que le thème médical, comme le thème guerrier, est entièrement intelligible à partir d'une représentation topographique. Tout au plus insiste-t-on (comme en cartographie militaire sur certains éléments permettant de mieux comprendre les opérations, la stratégie) sur des particularités topographiques que l'on imagine directement liées à certaines maladies : ainsi, un plan du quartier du Luxembourg dans l'ouvrage sur le choléra de Boulay de la Meurthe[93], est « divisé en 3 régions pour servir à l'intelligence de l'histoire du choléra-morbus dans ce quartier », régions distinguées par des paliers de valeur croissants selon leur altitude : inférieure, moyenne et supérieure. Parfois, la maladie peut apparaître indirectement sur certaines cartes, par la distinction symbolique des lieux touchés, ce qui n'est qu'une manière plus élaborée de désigner le théâtre : sur une *Carte du théâtre de l'épidémie qui a régné dans le département de l'Oise en 1821*[94], des petites croix mettent ainsi en valeur « les lieux où les décès ont été les plus nombreux », au côté de symboles de type cassinien représentant les villes. La carte « théâtre » se conçoit en fonction d'un texte adjacent. Elle se veut moins explication que nomenclature, mettant à même le lecteur de repérer lieux et itinéraires.

Certaines indications laissent penser que l'on est souvent fort proche du dessin d'une véritable carte thématique. Ainsi, la commission médicale envoyée en Espagne étudier la fièvre jaune note qu'« il était indispensable de donner le plan linéaire de Barcelone [...]. [L'énumération des rues] et ce plan mettront bien mieux le lecteur à portée de suivre la marche de la maladie. Il jugera ainsi si elle s'est comportée à la manière des épidémiques ou des contagieuses[95] ». Stevenson remarque d'ailleurs, à propos de ce plan de Barcelone : « *the pen for marking spots [...] seems to be poised above the map ; but it does not descend*[96] ». Seul un cas de décès est indiqué par un petit symbole ponctuel sur la carte : celui de Mazet, membre de la commission, enlevé dans les premiers jours. Pour Stevenson, la « *spot map* » serait l'arme des anticontagionnistes face aux contagionnistes. En fait, si le crayon « reste en suspens » au-dessus du plan de Barcelone, on ne peut l'attribuer exclusivement aux conceptions médicales des auteurs, bien qu'ils soient effectivement partisans de la doctrine contagionniste. Une carte de la distribution des cas de fièvre jaune pourrait en fait servir d'argument aux deux partis. Il s'agit bien, une nouvelle fois, du maintien d'habitudes de représentation, de l'influence d'une perception de l'espace stéréotypée.

L'ensemble de ces images manifeste un certain esprit sélectif : sélection d'un espace, théâtre de l'épidémie, et parfois sélection de certaines composantes

90. *Salmon, 1797.*

91. *V. Bally, A. François, E. Pariset, 1823.*

92. *F. Girard, C. Fontaines, 1836.*

93. *M.H. Boulay de la Meurthe, 1832.*

94. *Carte signée Davion, dans Rayer, 1822.*

95. *V. Bally, A. François, E. Pariset, 1823, p. 643.*

96. *« Le crayon susceptible d'inscrire les répartitions [...] semble suspendu au-dessus de la carte ; mais il ne descend pas. » L.G. Stevenson, 1965, p. 251.*

visible, mais elle est le visible. Dans ce premier état, en liaison avec les préoccupations de géographie et de topographie médicales, les cartes ne présentent que le cadre, le théâtre d'une maladie. Les exemples en sont nombreux. Relevons le plan de Padoue d'Urbain Salmon[90], le plan de Barcelone illustrant l'histoire de la fièvre jaune dans cette ville par les docteurs Bally, François et Pariset[91], celui de Nîmes, joint à un rapport sur le choléra de Girard et Fontaines[92]. Bien d'autres encore sont dessinés au cours de la première moitié du XIXe siècle.

Ces représentations sont proches par leur esprit des cartes militaires ou du « théâtre de la guerre », puisque le cartographe considère que le thème médical, comme le thème guerrier, est entièrement intelligible à partir d'une représentation topographique. Tout au plus insiste-t-on (comme en cartographie militaire sur certains éléments permettant de mieux comprendre les opérations, la stratégie) sur des particularités topographiques que l'on imagine directement liées à certaines maladies : ainsi, un plan du quartier du Luxembourg dans l'ouvrage sur le choléra de Boulay de la Meurthe[93], est « divisé en 3 régions pour servir à l'intelligence de l'histoire du choléra-morbus dans ce quartier », régions distinguées par des paliers de valeur croissants selon leur altitude : inférieure, moyenne et supérieure. Parfois, la maladie peut apparaître indirectement sur certaines cartes, par la distinction symbolique des lieux touchés, ce qui n'est qu'une manière plus élaborée de désigner le théâtre : sur une *Carte du théâtre de l'épidémie qui a régné dans le département de l'Oise en 1821*[94], des petites croix mettent ainsi en valeur « les lieux où les décès ont été les plus nombreux », au côté de symboles de type cassinien représentant les villes. La carte « théâtre » se conçoit en fonction d'un texte adjacent. Elle se veut moins explication que nomenclature, mettant à même le lecteur de repérer lieux et itinéraires.

Certaines indications laissent penser que l'on est souvent fort proche du dessin d'une véritable carte thématique. Ainsi, la commission médicale envoyée en Espagne étudier la fièvre jaune note qu'« il était indispensable de donner le plan linéaire de Barcelone [...]. [L'énumération des rues] et ce plan mettront bien mieux le lecteur à portée de suivre la marche de la maladie. Il jugera ainsi si elle s'est comportée à la manière des épidémiques ou des contagieuses[95] ». Stevenson remarque d'ailleurs, à propos de ce plan de Barcelone : « *the pen for marking spots [...] seems to be poised above the map ; but it does not descend*[96] ». Seul un cas de décès est indiqué par un petit symbole ponctuel sur la carte : celui de Mazet, membre de la commission, enlevé dans les premiers jours. Pour Stevenson, la « *spot map* » serait l'arme des anti-contagionnistes face aux contagionnistes. En fait, si le crayon « reste en suspens » au-dessus du plan de Barcelone, on ne peut l'attribuer exclusivement aux conceptions médicales des auteurs, bien qu'ils soient effectivement partisans de la doctrine contagionniste. Une carte de la distribution des cas de fièvre jaune pourrait en fait servir d'argument aux deux partis. Il s'agit bien, une nouvelle fois, du maintien d'habitudes de représentation, de l'influence d'une perception de l'espace stéréotypée.

L'ensemble de ces images manifeste un certain esprit sélectif : sélection d'un espace, théâtre de l'épidémie, et parfois sélection de certaines composantes

90. *Salmon, 1797.*

91. *V. Bally, A. François, E. Pariset, 1823.*

92. *F. Girard, C. Fontaines, 1836.*

93. *M.H. Boulay de la Meurthe, 1832.*

94. *Carte signée Davion, dans Rayer, 1822.*

95. *V. Bally, A. François, E. Pariset, 1823, p. 643.*

96. *« Le crayon susceptible d'inscrire les répartitions [...] semble suspendu au-dessus de la carte ; mais il ne descend pas. » L.G. Stevenson, 1965, p. 251.*

topographiques. Mais il ne fournit aucun système de signes autonomes, détachés du visible, et *a fortiori* aucune approche numérique. La statistique est pourtant présente en filigrane : elle apparaît dans le texte ou les tableaux annexes. Pour l'œuvre de Boulay de la Meurthe, il semble même qu'un subtil changement en légende conférerait à la carte une dimension thématique et statistique. Il s'agit en effet d'une carte par paliers de valeurs, à l'aspect graphique évolué. Les trois paliers expriment les altitudes (inférieures, moyennes, supérieures) dans le quartier du Luxembourg. Mais on constate que cette représentation revêt pour l'auteur une signification numérique précise, même si celle-ci n'est pas exprimée en légende de la carte : « la démarcation municipale des quartiers renferme, dans celui du Luxembourg, tout un territoire que nous avons désigné sous le nom de région inférieure qui y touche, il est vrai, mais qui, en réalité, n'en fait pas partie et qui est extrêmement insalubre ; or, c'est dans cette région que la mortalité a surtout été considérable puisqu'elle s'y est élevée, durant l'existence seulement du bureau de secours, à un décès sur 42 1/4, tandis que, dans les deux autres régions réunies, qui constituent non pas civilement mais bien réellement le quartier du Luxembourg, elle n'a été dans le même temps que de 1 sur 59[97] ».

Les choix de représentation en faveur des contours visibles de l'espace terrestre se maintiennent, en médecine, au-delà de 1820. Ils sont toutefois relayés par de véritables cartes thématiques, ce qui marque, plus qu'une évolution du système graphique, une véritable mutation conceptuelle.

97. *M.H. Boulay de la Meurthe, 1832, p. 111.*

PREMIÈRES FIGURATIONS THÉMATIQUES DES MALADIES ÉPIDÉMIQUES

Pour que la maladie devienne un thème cartographié et non plus seulement le prétexte à une illustration topographique, il a fallu, selon Gilbert ou Jarcho[98], un facteur incitatif qu'ils identifient comme étant le déclenchement en Europe des grandes épidémies de fièvre jaune, dans les années 1820, et surtout de choléra, au début des années 1830. La France reste peu touchée par la fièvre jaune, maladie tropicale qui ne fait que des incursions temporaires dans le monde tempéré, où les crises sont de courte durée et de faible ampleur. De nombreux ouvrages médicaux s'y rapportent cependant, qui traitent des irruptions de cette maladie dans les colonies françaises des Antilles, ou aux portes du Royaume, principalement en Espagne, pays gravement atteint en 1821. Le choléra (« choléra-morbus », dit encore choléra asiatique, ou indien) connaît au XIXe siècle des extensions meurtrières en Europe. Endémique au Bengale, il se diffuse en plusieurs pandémies successives, en liaison avec le progrès des échanges commerciaux, de la navigation. La France est atteinte avec plus ou moins d'intensité : en 1832, l'épidémie parvient en France par le Nord (Calais le 15 mars, puis Paris le 26) après un long trajet à travers l'Asie centrale, la Russie, la Pologne, la Prusse et l'Autriche, les pays baltes, puis l'Angleterre. Le Midi de la France est touché vers 1835. Plusieurs autres atteintes cholériques ont lieu, en 1848-49, 1853-54, puis 1865-66. Ces crises locales, brutales[99], constituent un puissant stimulus pour les études médicales, par rapport aux maladies endémiques traditionnelles, comme la tuberculose ou la petite vérole. On lit ainsi dans le *Diction-*

98. *E.W. Gilbert, 1958 ; S. Jarcho, 1970.*

99. *L'épidémie de 1832 fait environ 20 000 victimes à Paris, soit 2,3 % de la population. On dénombre encore 16 000 décès dans la capitale lors de l'épidémie de 1849.*

naire universel : « Si le choléra était resté ce qu'il était primitivement, une maladie endémique sur les bords du Gange, il aurait médiocrement intéressé les occidentaux : mais il en a été autrement, et, par suite de circonstances encore inexplicables aujourd'hui, au commencement de ce siècle, il prit des allures envahissantes et voyageuses [100] ».

Fièvre jaune et choléra nourrissent également le développement de la cartographie médicale ; pourtant, on aura garde de faire d'un thème le moteur privilégié d'un renouvellement du langage graphique : comme les autres formes de langage, le système graphique évolue parallèlement aux catégories du savoir. Le thème en lui-même, la crise épidémique, n'a d'ailleurs aucun caractère de nouveauté dans le monde occidental, ce qui écarte tout déterminisme de cette nature. Seules sont nouvelles les interprétations et les méthodes des sciences médicales. La carte traduit en l'occurence une argumentation médicale de type « écologique » : l'affirmation du rôle déterminant des facteurs d'environnement dans l'extension et la diffusion des maladies. Ce mode de raisonnement est ancien : Le premier traité sur ces questions de géographie médicale est une partie du *Corpus Hippocraticum* connue sous le titre : *Des airs, des eaux et des lieux.* Le XVIIe siècle voit naître en Hollande et en Angleterre un courant néo-hippocratique, qui se développe surtout en France au XVIIIe siècle. En témoigne en 1774-1794 l'enquête de Vicq d'Azyr et de l'Académie de Médecine sur les épidémies et le climat, qui se réfère explicitement à Galien et Hippocrate [101]. Les historiens des sciences repèrent fin XVIIIe-début XIXe un seuil marquant le passage de « la médecine des classes et des espèces », où les espèces morbides sont « des êtres véritables, qui s'établissent comme essence, hors de toute circonstance, hors du malade [102] » à une médecine formulant le concept de constitution : « La pratique nouvelle, corrodant les vieux cadres, prend appui, en revanche, sur une conception ordonnée du temps et de l'espace où s'établit la maladie. L'espace, c'est celui du corps et des organes ; l'espace physique aussi, le lieu, avec son sol, des qualités de l'air, des propriétés de ses eaux. Le temps, c'est celui où alternent les phénomènes naturels ou sociaux, saisons, météores, disettes ; c'est le temps propre des organes qui retentissent à ces événements. Toutes relations et rencontres qui tissent un complexe variable que l'on nomme « constitution ». La constitution porte et reflète « une conscience historique et géographique de la maladie [103] ». Ainsi, à l'évocation d'influences occasionnelles intervenant pour faire apparaître une espèce, se substituent des schémas d'explication de la pathologie par un système de connexion du vivant avec son environnement. Les premiers pas de la cartographie thématique médicale accompagnent la construction de ce modèle intellectuel. En ce qui concerne la cartographie statistique en médecine, il importe enfin de souligner les emprunts de la médecine à la statistique sociale : la constitution, dans l'esprit des hygiénistes du XIXe siècle, renvoie de plus en plus à l'environnement social, et la mesure de son influence passe par l'analyse numérique.

Jarcho recense, « entre 1820 et 1832, 29 cartes ayant trait au choléra, et sur ce total, 10 sont publiées en 1831 et 14 en 1832 [104] ». Seules deux cartes fran-

100. *P. Larousse,* Grand dictionnaire universel du XIXe siècle, *Paris, 1869, t. 4, p. 176.*

101. *Sur ce paragraphe, voir A. Hirsch, 1883-1886 ; M.D. Grmek, 1963 ; E. Ackerknecht, 1965 ; J.-P. Desaive, P. Goubert, E. Le Roy Ladurie, 1972. Sur l'enquête de Vicq d'Azyr, on consultera J. Meyer, 1966 et J.-P. Peter, 1967.*

102. *J.-P. Peter, dans J.-P. Desaive, P. Goubert, E. Le Roy Ladurie, 1972, p. 152.*

103. Ibid., *p. 153. L'expression mise entre guillemets est empruntée par J.-P. Peter à M. Foucault, 1963, p. 21.*

104. *Voir S. Jarcho, 1970. Jarcho inclut dans la catégorie des cartes médicales aussi bien les cartes qui ne montrent que les lieux, sans indication sur la maladie, que celles qui présentent le trajet des épidémies ou délimitent les régions affectées. Il intitule ces œuvres «* crude maps *» (cartes primaires), expression qui selon nous devrait être réservée au seul premier groupe.*

çaises, dessinées par Alexandre Moreau de Jonnès en 1824 et 1831, sont prises en compte. Une analyse plus approfondie des seuls ouvrages médicaux français fait ressortir une proportion voisine : six cartes de 1831 à 1833, contre une avant 1831. Le recours parallèle à l'illustration topographique ne disparaît pas complètement, mais avec ces représentations, la maladie s'inscrit directement, le crayon est descendu sur la carte. Les médecins utilisent essentiellement deux méthodes de représentation : des cartes dynamiques traduisent à petite échelle les trajets suivis par les épidémies au cours de leur diffusion ; des cartes statiques et analytiques expriment la seule extension du phénomène. Dans ce dernier cas, la maladie est décrite par une tache de couleur (formes de cartes chorochromatiques), ou par la détermination ponctuelle des cas recensés (cartes de distribution).

ITINÉRAIRES ÉPIDÉMIQUES

Les cartes dynamiques, pour traduire le déplacement, la marche du choléra, font appel à une technique graphique de figuration du mouvement déjà appliquée, au début du siècle, en cartographie militaire : il s'agit du dessin de la trace et du sens du mobile, c'est-à-dire de la trajectoire éventuellement orientée suivie par la maladie. Cette méthode est appliquée dans les deux cartes de Moreau de Jonnès, l'*Esquisse itinéraire du choléra-morbus pestilentiel de l'Inde et de Syrie*[105], sans doute la toute première carte médicale française (figure 24), et l'*Esquisse itinéraire des progrès du choléra-morbus pestilentiel en Asie et en Europe, de 1817 à 1830*[106]. L'utilisent également V. de Moléon, avec la *Carte indiquant la marche du choléra-morbus depuis l'Inde jusqu'en Europe*[107] et Brierre de Boismont, dans l'*Itinéraire du choléra-morbus en Pologne en 1831*[108]. Postérieurement à la première pandémie cholérique, ce type de cartes se retrouve tout au long du XIXe siècle. Il s'agit le plus souvent de cartes à très petite échelle, couvrant le vaste territoire parcouru par la maladie, depuis l'Asie (Japon et Insulinde) jusqu'à la Russie ou l'Europe de l'Ouest. Le fond topographique, très simplifié, ne comporte que le trait de côte, les cours d'eau majeurs, et parfois les limites frontalières. L'*Esquisse itinéraire*... de 1824 ne figure que les villes touchées par l'épidémie, tandis que les autres cartes les individualisent par un symbole ponctuel, comme un petit pavillon de couleur sur la carte de Victor de Moléon. La carte de Brierre de Boismont souligne en outre par un fléchage les deux villes polonaises par où est entrée l'épidémie.

Le caractère spécifique de cette cartographie épidémique se traduit par l'indication des trajets du choléra, d'un trait plein ou pointillé, parfois souligné de rouge, éventuellement orienté par des flèches, comme sur la *Carte indiquant la marche du choléra-morbus*... de Victor de Moléon. Le système se heurte au problème de la précision chronologique nécessaire pour exprimer un mouvement, toujours difficile à résoudre en cartographie. Ces cartes n'offrent pas de véritable solution graphique : la seule trace du mobile ne traduit à elle seule qu'une succession ; le détail des dates est souvent apporté par des indications écrites sous les toponymes. La diffusion d'une maladie relève plus d'un mouvement de style génératif : des zones concentriques suggéreraient des corrélations chronologiques. Les trajets linéaires, compte tenu des

105. *A. Moreau de Jonnès, 1824, planche hors-texte.*

106. *A. Moreau de Jonnès, 1831, planche hors-texte.*

107. *V. de Moléon, 1831.*

108. *A. Brierre de Boismont, 1832.*

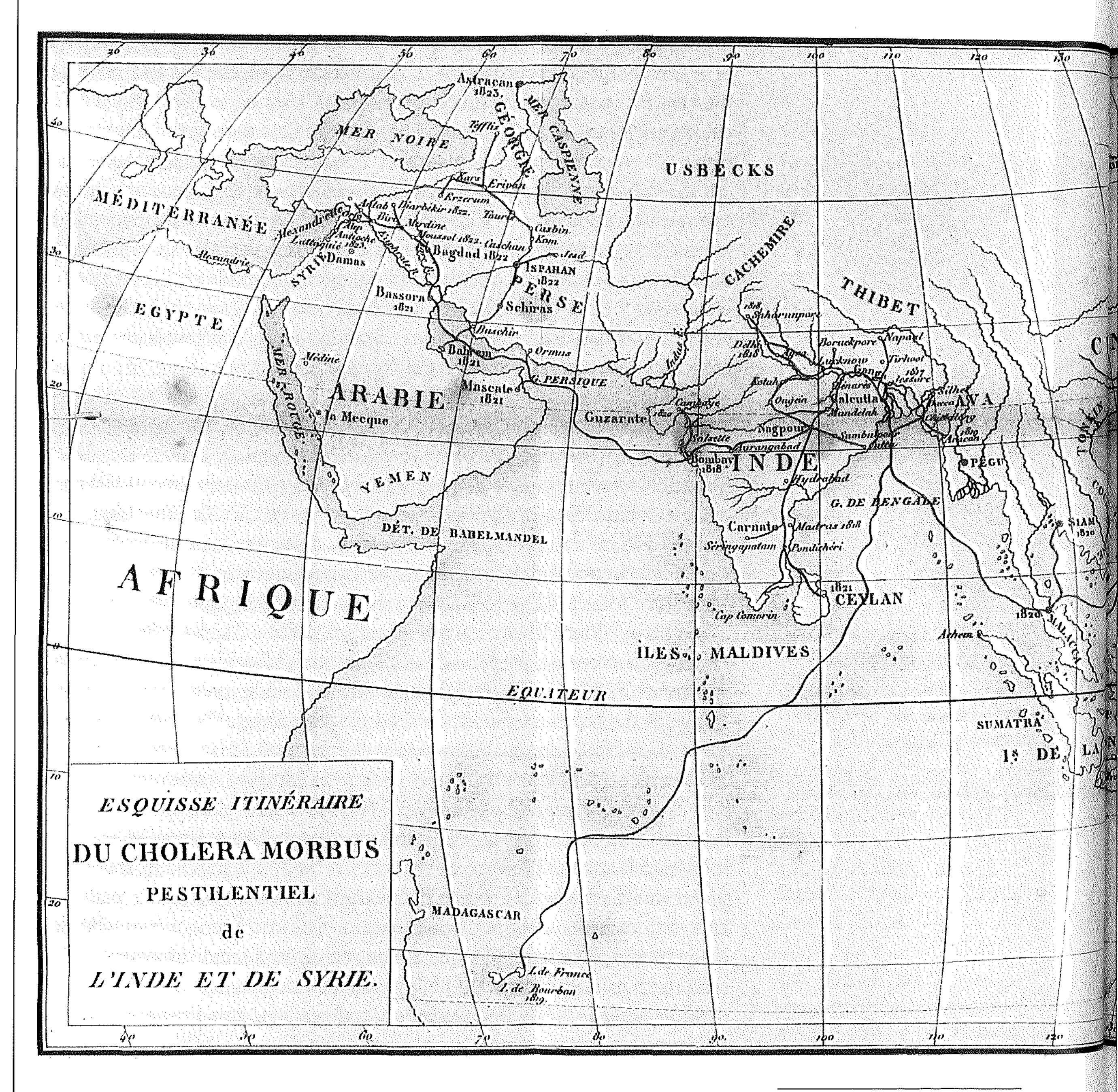
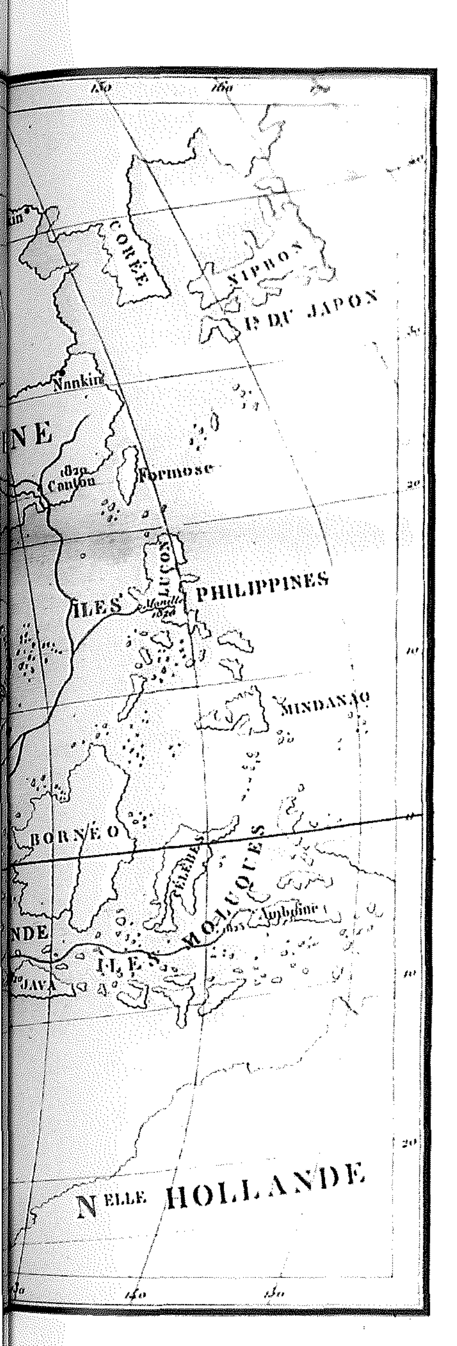


Fig. 24. A. Moreau de Jonnès, *Esquisse itinéraire du choléra-morbus pestilentiel de l'Inde et de Syrie*, 1824. (Cliché : Bibliothèque interuniversitaire de médecine de Paris.)

directions multiples qu'emprunte l'épidémie, dessinent avant tout un maillage qui relève d'une cartographie de réseau, c'est-à-dire statique. Enfin, quoique les données statistiques relatives aux épidémies constituent un élément de l'information connu et mentionné en tableaux, il ne trouve pas de solution graphique : le cartographe recourt une nouvelle fois au scriptogramme. On trouve encore, sur la carte pourtant tardive de F. Rigodit[109], des mentions telles que celles-ci : « Alexandrie. 450 000 habitants. La plus grande partie ayant fui. La mortalité a été de 6/10 pour les hommes et de 7 à 8/10 pour les femmes et les enfants sur les restants ». Le médecin genevois

109. *F. Rigodit,* Carte de l'épidémie cholérique en 1865, concentrée dans le bassin de la



Méditerranée, *Marseille, Devilliers, s.d.*

Henri-Clermont Lombard propose en 1832 avec son *Tableau des progrès du choléra-morbus depuis 1817 jusqu'au mois d'octobre 1831* [110] un graphisme mixte original puisqu'il superpose à la marche linéaire du choléra par terre ou par mer des aires gouachées en jaune correspondant aux pays envahis. Cependant, cet exemple reste unique, et nous ne l'avons pas observé dans la cartographie française.

Le caractère dynamique des cartes itinéraires est parfois contestable en raison d'une expression encore malhabile du mouvement. Cependant elles constituent bien une catégorie distincte des cartes de l'extension des maladies, par leur graphisme comme par leur échelle. Cette cartographie est essentiellement utilisée par les partisans du contagionnisme. Ainsi Moreau de Jonnès, officier de santé spécialiste des questions d'hygiène, est l'un des principaux partisans de la thèse de la contagiosité du choléra, qu'il fera prévaloir dans les milieux officiels. La doctrine contagionniste repose sur l'hypothèse de l'existence d'un « principe morbifique », le germe vénéneux, qui se transmet d'un individu à un autre par le contact médiat ou immédiat. Faute d'éléments probants quant à ce mystérieux poison communicable, les effets observables des épidémies tiennent lieu de preuves : fièvre jaune ou choléra se propagent par une marche progressive et régulière, et la transmission d'un germe est jugée évidente, puisque la maladie se diffuse hors de la sphère d'action locale d'un foyer. Dès lors, des cartes à petite échelle illustrant la marche de la maladie sont persuasives. La diffusion, traduite graphiquement, ne démontre-t-elle pas l'indépendance entre l'épidémie et certaines circonstances locales ?

Les cartes de répartition

Les cartes qui figurent l'aire de répartition d'une affection épidémique sont parmi les plus simples qui se puissent concevoir. Elles n'en constituent pas moins, à la fois une nouveauté et un important instrument de l'analyse médicale. Ces cartes jouent un rôle non négligeable dans l'élaboration des hypothèses et des doctrines étiologiques de l'époque : elles permettent de rapporter la maladie à certaines circonstances locales, et de mieux comprendre son mode de diffusion. L'exemple le plus célèbre étant celui de la carte par points du docteur Snow de 1855, évoquée plus haut : la distribution des décès cholériques y est mise en relation avec l'emplacement de pompes à eau infectées [111].

Des plans de ville constituent le plus souvent le fond de ces cartes de répartition. On peut citer pour mémoire la carte de la fièvre jaune dans le quartier des docks de l'East River à New-York, que publie Félix Pascalis Ouvière en 1819. Cette carte localise l'ensemble des maisons où la maladie a été signalée et notamment le « carré médian » (*Middle Square*) où les cas furent les plus nombreux. Mais quoique médecin français, l'auteur, réfugié et fixé aux États-Unis après l'insurrection de Saint-Domingue en 1793, constitue surtout un maillon de l'évolution de la cartographie américaine, et il puise probablement son inspiration dans les travaux de Valentine Seaman [112]. Les cartes médicales de ce type n'apparaissent en France en nombre significatif

110. *H.C. Lombard, 1832, planche hors-texte.*

111. *Voir sur cette carte E.W. Gilbert, 1958 et A.H. Robinson, 1982.*

112. *D'après L.G. Stevenson, 1965.*

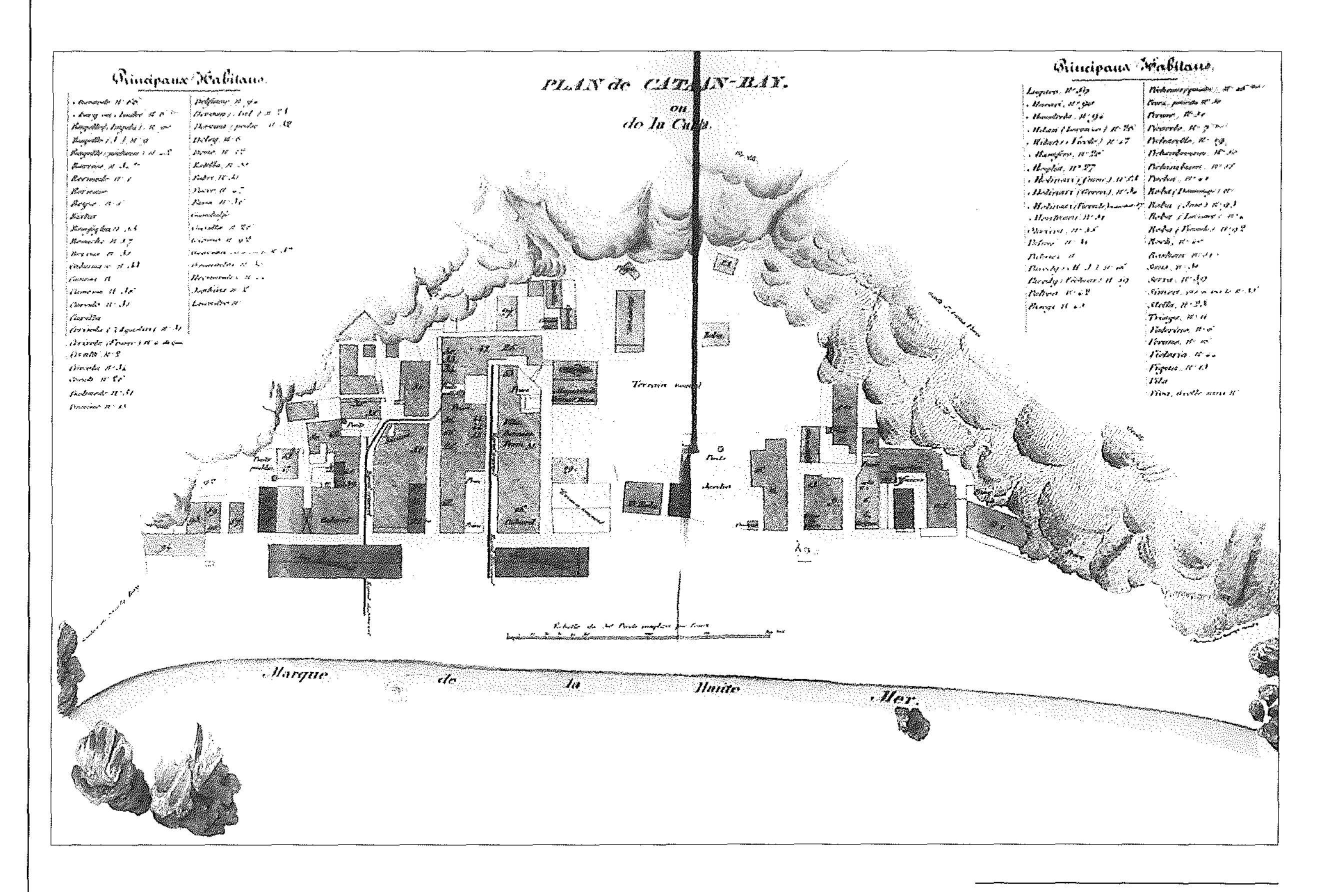


Fig. 25. Chervin, Louis, Trousseau, *Plan de Catalan Bay, ou de la Caleta*, 1830. (Cliché : B.N., Service photographique.)

qu'après 1830. Deux procédés coexistent alors : représentation des aires, ou localisation ponctuelle, cas par cas. En 1830 sont publiés des documents sur l'épidémie de fièvre jaune de Gibraltar, présentés par trois sommités médicales, les docteurs Chervin, Louis et Trousseau. Cinq cartes accompagnent l'ouvrage, dont deux véritables cartes médicales, qui recensent tous les cas de fièvre jaune par foyer, au moyen d'une clé numérique (voir le *Plan de Catalan Bay, ou de la Caleta*, figure 25). La méthode était déjà utilisée par les médecins américains, et l'on peut penser que son application à Gibraltar est l'œuvre du Dr Nicolas Chervin (1783-1843). Ce dernier, qui a étudié la fièvre jaune au cours de ses voyages, pendant près de sept ans, est parfaitement informé des recherches américaines. Considéré comme la courroie de transmission vers l'Europe des thèses anticontagionnistes, il peut avoir joué un rôle semblable dans la diffusion de cette forme de carte médicale. La dénomination de « *spot map* » apparaît en fait quelque peu abusive pour le système des renvois numériques à un tableau annexe des cas enregistrés. Les cartes analytiques, avant tout fondées sur une représentation très précise du bâti urbain, qui permet la stricte localisation des cas, sont graphiquement peu frappantes, et demeurent éloignées d'exemples tels que la carte anglaise de Robert Baker, citée plus haut, où la maladie est véritablement symbolisée par des taches de couleur.

Le Dr Halma-Grand, dans son plan du choléra de Londres en 1832 [113], propose un autre exemple de localisation des foyers épidémiques, à travers un « étiquetage » des quartiers atteints de la capitale britannique. De véritables

113. Plan de Londres indiquant la marche du choléra épidémique en 1832, *dans C. Halma-Grand, 1832, planche hors-texte.*

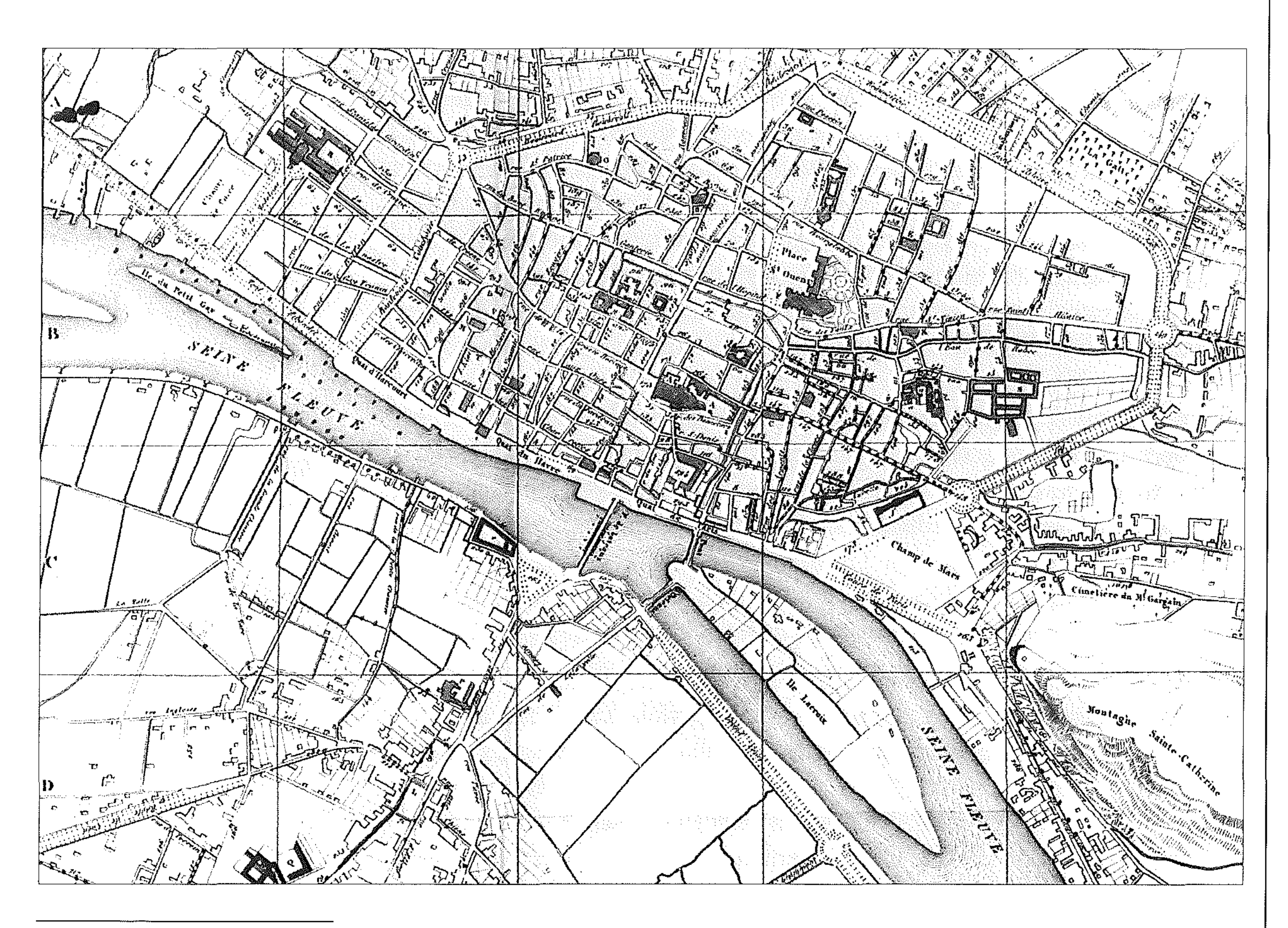


Fig. 26. C. Hellis, *Plan de la ville de Rouen,* 1833. (Cliché : B.N., Service photographique.)

limites des zones touchées par la maladie ne sont ici que suggérées par le dessin des principales voies urbaines. Peu après Halma-Grand, le médecin rouennais, Clément Hellis réalise un second type de carte de localisation, la carte par points, avec son *Plan de la ville de Rouen* de 1833 (figure 26). Hellis figure les cas de choléra par des points rouges distribués dans les rues de Rouen. Seuls les hôpitaux de cholériques sont entièrement teintés en rouge selon la trace topographique réelle des bâtiments.

« Tachisme » ou « pointillisme », la marge est faible entre les deux systèmes de localisation, et pourrait dépendre beaucoup plus de la précision du support topographique offert au cartographe. Quoique ces formules puissent apparaître sommâires, elles constituent les premières formes d'une cartographie expérimentale. Le spectacle du visible ne suffit plus à la connaissance scientifique. La topographie, de théâtre indéfini, est devenu support subordonné au thème représenté. Ainsi, Chervin, Louis et Trousseau localisent sur le plan de Catalan Bay les égouts couverts ou découverts qui, pensent-ils, peuvent jouer un rôle dans la diffusion des fièvres. Le système graphique peu spectaculaire ou archaïsant ne doit pas masquer que ce renversement des priorités constitue une profonde rupture dans la cartographie occidentale.

Le lien entre cette cartographie et l'anticontagionnisme est souvent avéré. Une telle cartographie peut permettre d'identifier les caractères constitutifs

d'un foyer d'infection. Toutefois, les cartographes n'éprouvent pas par la carte des hypothèses très variées. Ainsi les données climatiques ne figurent jamais. Par ailleurs, une carte de répartition peut très bien aboutir à écarter l'hypothèse du foyer. Le lien entre carte et doctrine médicale est ici moins net que dans le cas des cartes itinéraires. Une nouvelle fois, des préoccupations statistiques se font jour avec ces premières cartes thématiques. Hellis joint à son étude des tableaux statistiques complets sur l'épidémie rouennaise, précisant le nombre de cholériques recensés pour chaque rue de la ville. De même, les travaux de la commission envoyée à Gibraltar, sans doute sous l'influence de Louis, sont sous-tendus par un dénombrement précis, maison par maison. La carte par points de Hellis, comme les premières cartes américaines, demeure un moyen terme entre le souci de localiser et celui de dénombrer. Mais l'évolution des sciences médicales commande toutefois, avant 1845, le recours à un graphisme plus moderne et adapté à l'information quantitative.

Les premiers exemples de cartographie statistique médicale

La statistique médicale demeure controversée au cours du XIXe siècle, voire tournée en dérision. L'usage maladroit qui en est parfois fait n'y est pas étranger : P. Louis déduit ainsi que les femmes sont plus souvent atteintes que les hommes par la phtisie, parce qu'elles représentent 66 cas sur les 123 qu'il a recensés ! L'esprit de beaucoup de médecins n'est pas préparé à ce numérisme. Auguste Comte, et par la suite Claude Bernard, le rejetteront, le second affirmant : « la notion de quantité qui est d'autant plus importante à considérer dans les mathématiques l'est d'autant moins en biologie [114] ». Malgré ces réticences, la quantité conquiert progressivement le terrain médical, tandis que se resserrent les liens entre la médecine, notamment la médecine préventive ou hygiène, la démographie naissante et les enquêtes sociales. Plusieurs savants professent dans les années 1830 une véritable religion du nombre, comme nous le verrons plus loin. De cette évolution de la discipline naît une cartographie statistique, qui emprunte essentiellement le système des paliers de valeur croissants, à base départementale. Le chirurgien Joseph-François Malgaigne a pu apparaître à l'origine de cette transposition en médecine du système Dupin [115]. En fait, sa carte statistique de 1840 est précédée de quatre années par un plan du choléra à Paris, méconnu jusqu'alors, fondé sur ce procédé des teintes graduées. Quoiqu'il en soit, cette correction chronologique ne peut masquer que l'une et l'autre de ces œuvres sont, sans aucune doute, directement inspirées des représentations de statistique sociale.

114. *Cité par J.C. Sournia, 1982, p. 29.*

115. *C'était la conclusion de S. Jarcho, 1974.*

LE RAPPORT DE LA COMMISSION PARISIENNE SUR LE CHOLÉRA

En 1832, l'épidémie de choléra de Paris est l'objet de nombreuses études particulières, par arrondissement ou par quartier. Mais en 1834, c'est un ouvrage de synthèse sur l'ensemble de la capitale que publie une commission officielle nommée « avec l'approbation de M. le ministre du commerce et des travaux publics, par M.M. les préfets de la Seine et de police ». La commission est très diversement composée : on y trouve certes des médecins hygié-

nistes, comme Parent-Duchâtelet ou Villermé, mais également le chimiste Chevallier, l'avocat Trébuchet, un ex-polytechnicien nommé Millot, et encore les statisticiens Benoiston de Châteauneuf et Villot. Le rapport de cette commission, publié en 1834[116], est illustré par 48 plans topographiques des quartiers de Paris, redessinés pour la commission par Louis Millot, pour pallier l'insuffisance du cadastre parcellaire de Paris. Mais c'est avant tout une carte générale, le *Tableau général des 48 quartiers de la ville de Paris*, qui sollicite l'attention. Cette carte, « offrant en même temps le degré respectif d'intensité des ravages que le choléra y a exercés », constitue sans doute la première carte « médicostatistique » française (figure 27). Par paliers de valeur, tout à fait proche des cartes de Dupin, elle exprime le nombre de décès cholériques pour 1 000 habitants. Quoiqu'assez élaborée, il demeure difficile d'y séparer les différents paliers de gris (5 ou 6 ?) et l'absence de légende, trait commun de la plupart des cartes statistiques de la première moitié du siècle, n'en facilite pas la lecture. Quant à la question de l'origine de cette carte, on peut penser que le polytechnicien Millot, qui a réalisé l'ensemble des plans topographiques, a pu dessiner le tableau d'assemblage ; ou que Benoiston de Châteauneuf et Villot connaissaient peut-être cette méthode de la statistique figurative. Mais un seul membre de la commission réutilisera par la suite le procédé : c'est le célèbre médecin et hygiéniste Alexandre Parent-Duchâtelet, dans son étude sur la prostitution parisienne, publiée à titre posthume en 1836. Il est très probablement à l'origine de l'adoption de cette méthode graphique par la commission.

116. Rapport sur la marche et les effets du Choléra-morbus dans Paris et les communes rurales du département de la Seine, *Paris, 1834.*

Parent-Duchâtelet, docteur en 1814, puis agrégé de l'école de médecine en 1823, est aussi membre de l'Académie Royale de Médecine et médecin à la Pitié ; mais malgré cette carrière médicale, on peut sans doute rattacher son ouvrage sur la prostitution à la statistique sociale. Parent-Duchâtelet s'est rapidement tourné vers les questions d'hygiène, montrant un penchant particulier pour les sujets les moins ragoûtants : fosses d'aisance, « dessication des chevaux morts », égouts, etc. Voyage dans une autre sorte de bas-fonds, l'étude sur les prostituées parisiennes relève avant tout du moral et du social, même si le second tome consacre une place importante aux aspects sanitaires. Deux cartes utilisant les paliers de la variable valeur accompagnent le texte : le *Nombre de prostituées venues à Paris de chaque département de 1816 à 1831 et inscrites à la préfecture de police, et la Distribution des prostituées dans chacun des 48 quartiers de la ville de Paris*[117] (figures 28 et 29). Ces cartes sont tout à fait comparables au *Tableau* joint au rapport sur le choléra : les teintes sont appliquées en fonction du numéro d'ordre des départements ou des quartiers, classés selon les données brutes ; on ne trouve ni échelle métrique, ni légende des teintes. La carte de Paris porte pour seule mention : « le degré d'obscurité des teintes correspond au nombre des prostituées qui habitent un quartier ». Cette dernière carte est exactement semblable, par son échelle ou par le découpage des quartiers, à l'illustration du *Rapport* de 1834.

117. *A. Parent-Duchâtelet, 1836, t. 1; p. 45 et p. 374.*

Parent-Duchâtelet est sans conteste un scientifique qui privilégie la méthode statistique. Selon F. Leuret, qui préface l'étude de 1836 sur la prostitution, « il écrivait ses observations, et il les comptait. Les mots « souvent, quelque-

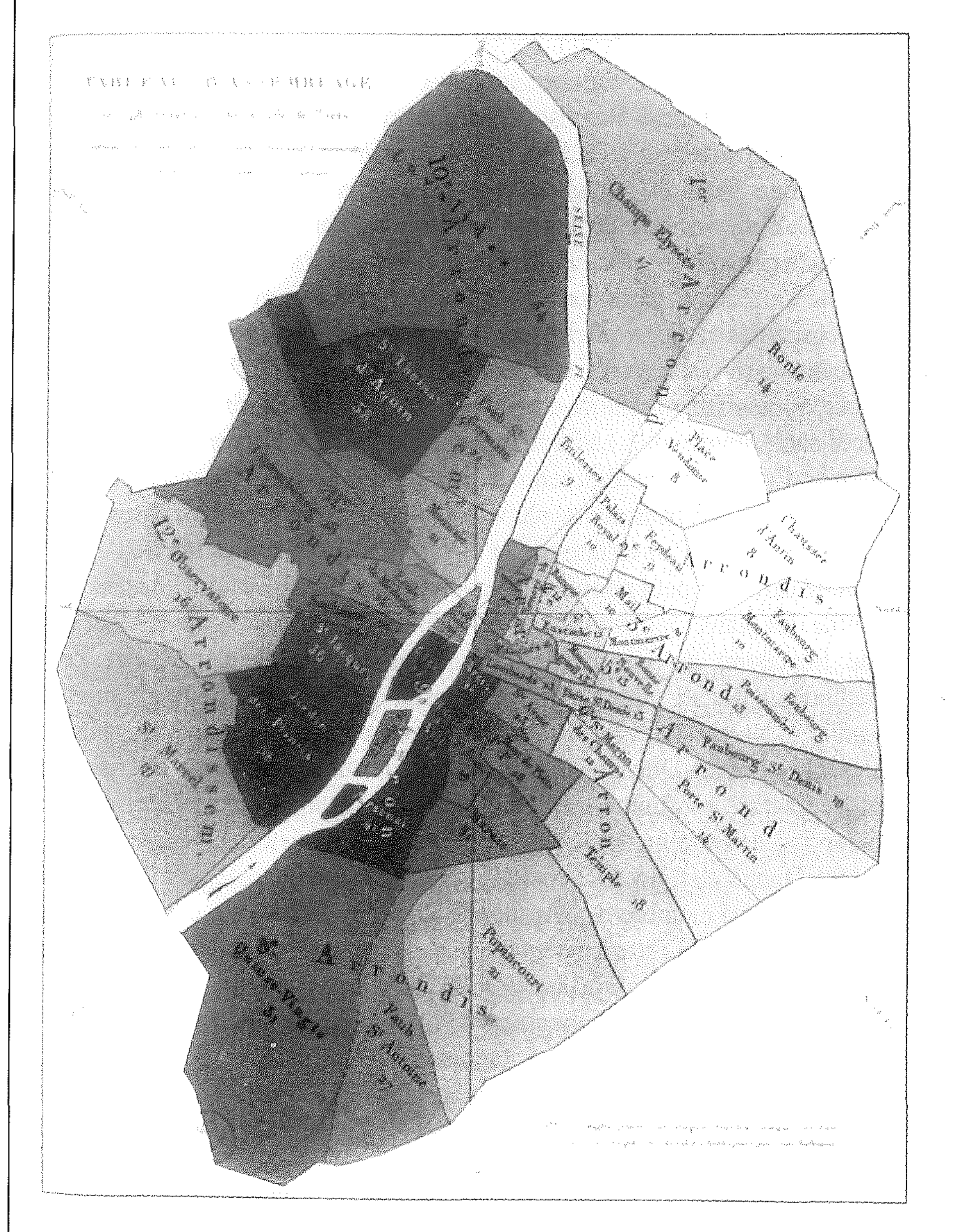


Fig. 27. *Tableau d'assemblage des 48 Quartiers de la Ville de Paris, offrant dans le même tems le degré respectif d'intensité des ravages que le choléra y a exercés,* 1834. (Cliché : B.N., Service photographique.)

fois », n'entraient jamais dans ses notes : il lui fallait des chiffres et des chiffres exacts, recueillis un à un, et pouvant se servir mutuellement de contrôle [118] ». Leuret ne fait que reprendre les propres termes du savant hygiéniste : « j'ai fait les plus grands efforts pour arriver à des résultats numériques sur tous les points que j'entreprenais de traiter ; car à l'époque actuelle, un esprit judicieux peut-il être satisfait de ces expressions : beaucoup, souvent, quelquefois, très souvent, etc., dont on s'est contenté jusqu'ici [...]. Toute assertion de cette nature ne peut avoir de valeur sans les chiffres qui seuls permettent la comparaison ; ce n'est qu'à l'aide de cette méthode que l'on fait avancer une science [...]. Cette méthode, que j'appellerai statistique, appliquée depuis quelques temps à la médecine, lui a donné sur plusieurs points un degré de certitude qui nous fait prédire qu'elle sera, avant peu,

118. Ibid., *p. XIII.*

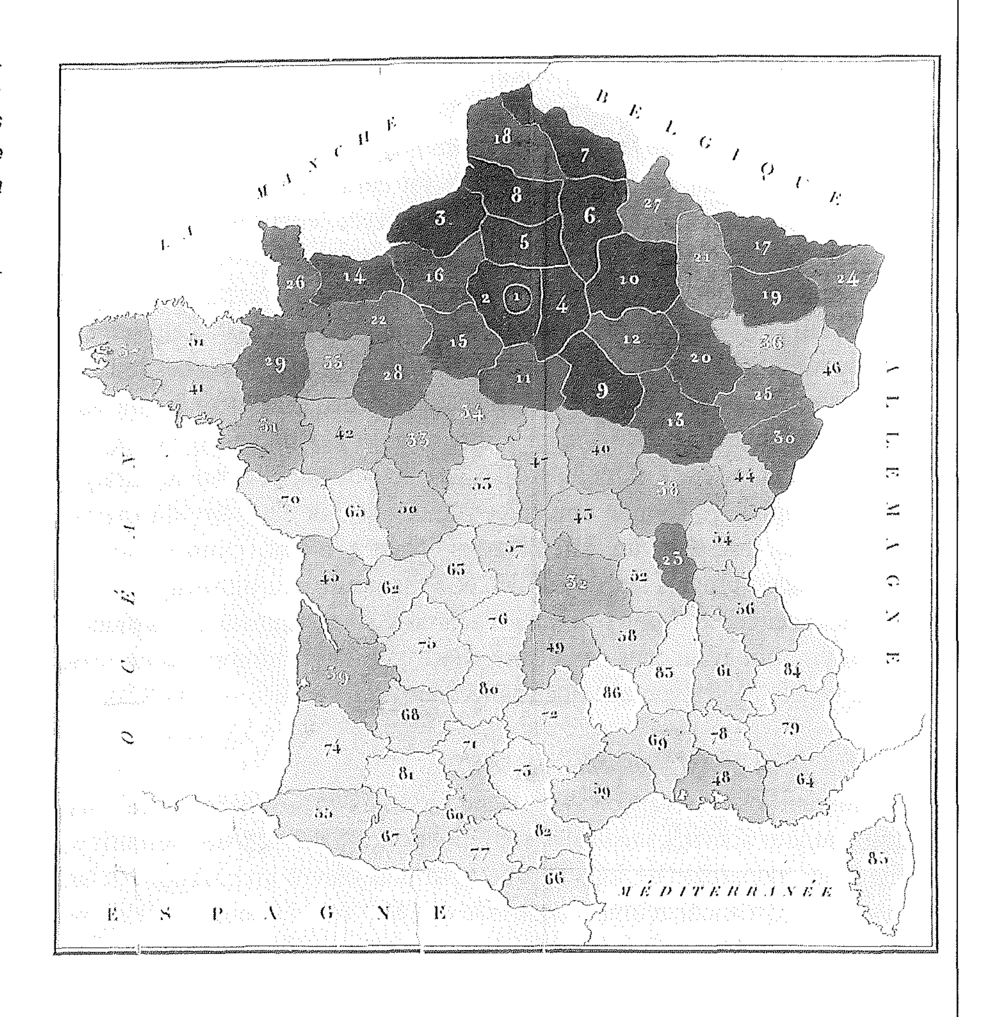


Fig. 28. A. Parent-Duchâtelet, *Nombre de prostituées venues à Paris de chaque département de 1816 à 1831...*, 1836. (Cliché : B.N., Service photographique.)

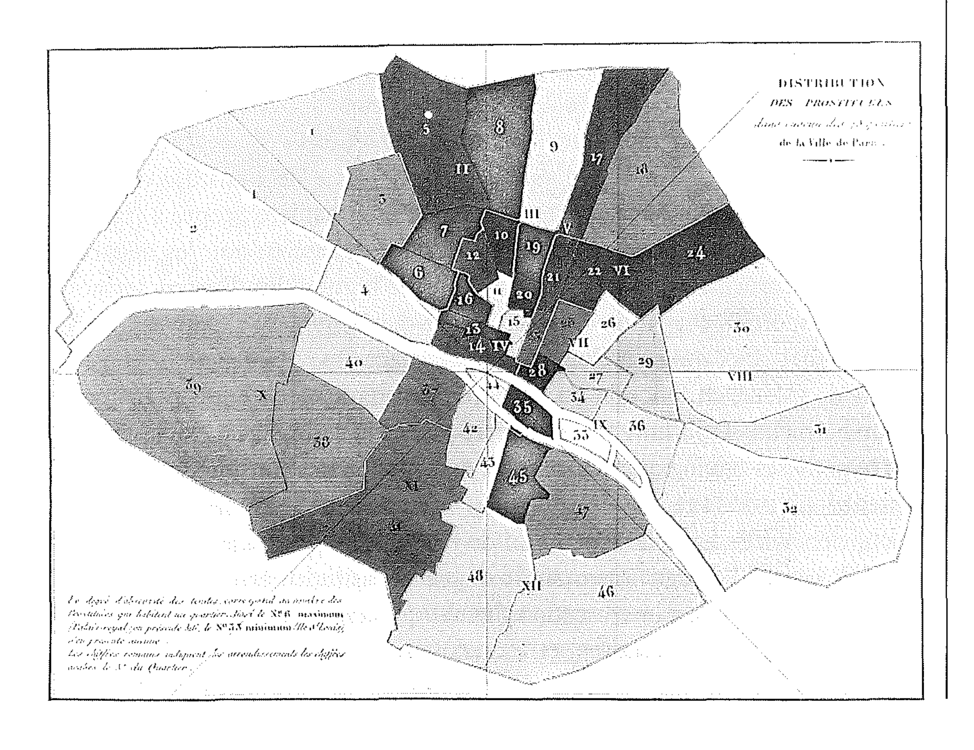
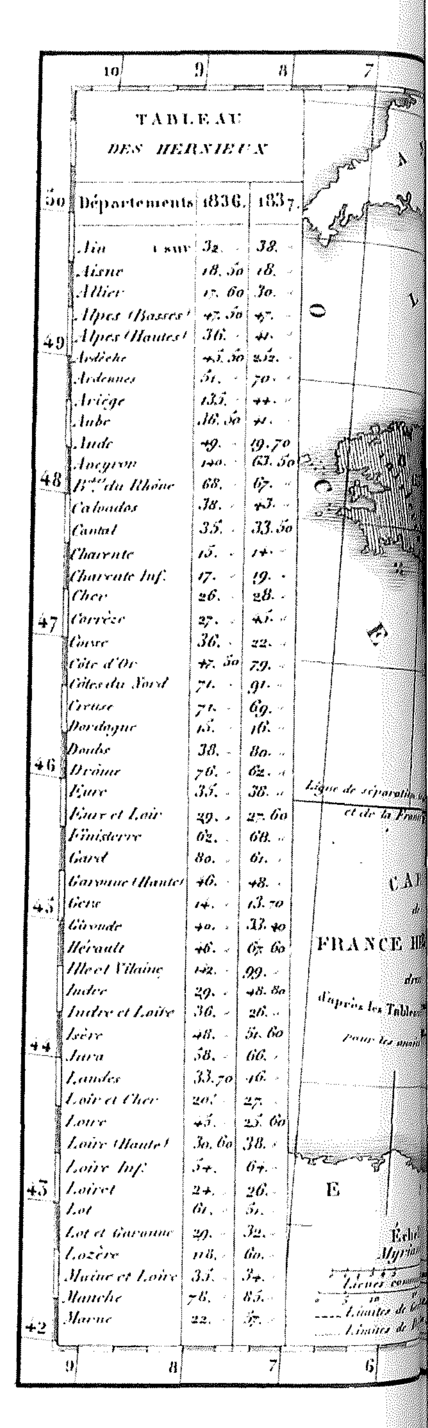


Fig. 29. A. Parent-Duchâtelet, *Distribution des prostituées dans chacun des 48 quartiers de la ville de Paris*, 1836. (Cliché : B.N., Service photographique.)

généralement adoptée[119] ». Rappelons enfin qu'Alexandre Parent-Duchâtelet collabore régulièrement aux *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, dont nous avons souligné les préoccupations statistiques.

Il y a loin cependant d'une profession de foi caractéristique du culte du nombre qui se développe alors, au réflexe graphique, et si Parent-Duchâtelet franchit ce pas, c'est sans doute grâce à ses connaissances en matière de statistique sociale, et plus particulièrement ses relations personnelles avec André Guerry (« Mon ami M. Guerry[120] »). Il demande même à celui-ci, en 1834, de lui rapporter d'un de ses voyages Outre-Manche quelques renseignements sur les prostituées londoniennes. On peut ainsi avancer que la statistique graphique médicale s'inspire directement du domaine social, ou « moral », selon le terme alors en usage. La carte du rapport sur le choléra peut donc apparaître comme une étape intéressante de l'histoire du thème médical, mais présente un intérêt sémiologique réduit, puisqu'elle ne démontre aucun progrès net depuis 1826. Sans doute peu diffusée, en tout cas rarement citée, cette œuvre n'aura d'ailleurs guère d'influence : les médecins s'inspireront avant tout de la carte relative à la distribution des hernies que publie J.F. Malgaigne quelques années plus tard.



LA *CARTE DE LA FRANCE HERNIEUSE* (1840)

Le chirurgien Joseph-François Malgaigne (1816-1865) est sans doute plus connu pour ses activités médicales voire politiques (il fut député de Paris à la fin de la monarchie de juillet), que pour son œuvre graphique, qui se résume en une planche réunie à un article de 1840 sur la fréquence des hernies. Cependant, sa *Carte de la France hernieuse, dressée d'après les tableaux du recrutement pour les années 1836 et 1837* (figure 30) se signale par l'originalité de son thème : la représentation d'une endémie non infectieuse. D'autre part, elle se trouve à l'origine d'une véritable école de cartographie statistique médicale et anthropologique, dont le développement exprime la constante exploration de nouvelles hypothèses pouvant contribuer à expliquer la répartition géographique de certaines affections.

« J'ai pris soin de tracer, écrit l'auteur, sur une carte de France divisée en départements et en provinces, mes résultats d'une manière propre à frapper les yeux les moins attentifs ; c'est-à-dire que j'ai colorié en noir les départements et les provinces qui offraient le moins de hernies, en d'autres termes, dont la proportion était moindre d'un trente-deuxième, et j'ai couvert d'une teinte foncée ceux qui s'en éloignaient davantage[121] ». Malgaigne définit six paliers de valeur, en fonction du nombre d'habitants nécessaires pour fournir un hernieux. Trois limites sont superposées à la carte, lignes qui appuient des hypothèses étiologiques en rapport avec l'endémie considérée : « limite septentrionale de la région de la vigne », « limite septentrionale de la région des oliviers », et « ligne de séparation de la France du Nord et de la France du Midi », que Malgaigne situe par 46 degrés de latitude nord. Le fond topographique, conforme à une vocation thématique, est réduit aux fleuves principaux, limites administratives, et à quelques montagnes figurées hors des frontières, excepté pour la Corse. Le graphisme est plus précis et plus éla-

119. Ibid., *p. 22.*

120. Ibid., *p. 32.*

121. *J.-F. Malgaigne, 1840, p. 45-46.*

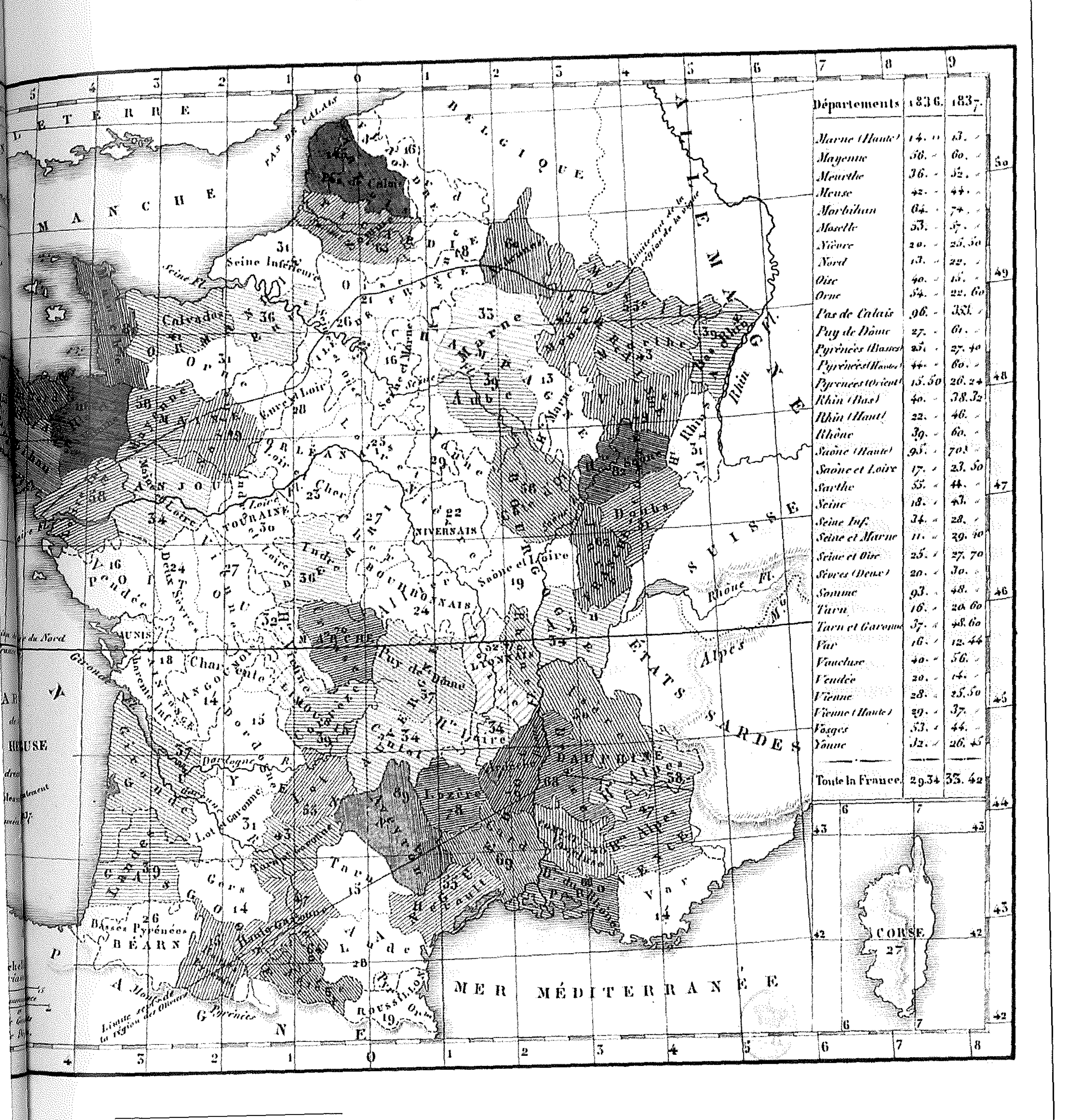


Fig. 30. J.F. Malgaigne, *Carte de la France hernieuse*, 1840. (Cliché : B.N., Service photographique.)

boré que celui des cartes de statistique sociale, mais n'évite pas certaines approximations dans l'emploi des variables visuelles. Faute d'une conversion des données statistiques, Malgaigne, comme avant lui Dupin, inverse l'échelle visuelle des paliers de valeur par rapport à l'information : la représentation selon le nombre d'hommes nécessaires pour fournir un hernieux fait diriger le regard, paradoxalement, vers la France non-hernieuse : le Gers,

un hernieux pour 14 recrues, est en blanc ; le Pas-de-Calais, avec la proportion minimale d'un hernieux pour 145, est affecté de la nuance la plus foncée. D'autre part, Malgaigne obtient six paliers de valeur en resserrant plus ou moins une trame de lignes obliques. Or, l'obliquité de ces lignes change parfois d'orientation pour un même palier (Loire et Haute-Vienne par exemple) sans que cette variation corresponde à une nouvelle composante de l'information. Malgaigne emploie donc en redondance une variable visuelle qui ne joue pas le rôle associatif qu'elle pourrait tenir, et gêne même le regroupement spontané d'objets appartenant à une même catégorie.

Malgré ces imperfections graphiques, la *Carte de la France hernieuse* justifie son influence par l'originalité de son utilisation. Elle s'affirme comme un instrument d'expérimentation, à partir des corrélations qui s'observent, entre la maladie et des éléments non plus seulement topographiques, mais également thématiques, symbolisés par les différentes limites inscrites sur la carte. C'est ainsi que, certaines autorités médicales ayant affirmé que l'ingestion d'huile d'olive favorisait la hernie, Malgaigne vérifie par la cartographie statistique cette « hypothèse de l'huile d'olive » et conclut, de la perception visuelle de sa carte, à son caractère erroné.

Jarcho ne voit pas de cartes qui antidatent Malgaigne en médecine, sinon évidemment des cartes non-statistiques [122]. En fait, nous l'avons vu, un tel exemple existe en France dès 1834 sans que l'on puisse d'ailleurs affirmer qu'il s'agisse d'un cas unique. Mais Jarcho pense également à tort que Malgaigne recrée de lui-même, spontanément et sans modèle, cette forme de cartographie. Malgaigne compte effectivement parmi les partisans de la statistique médicale : « il s'est efforcé de substituer aux affirmations, aux formules d'à peu près, les jugements par les chiffres, par la comparaison des grands nombres, de faire prévaloir en un mot les statistiques bien faites en chirurgie [123]. » Cependant, le réflexe cartographique lui a été de toute évidence suggéré par l'*Essai sur la statistique de la population française* du comte d'Angeville, et plus précisément la carte des exemptés pour défaut de taille, qu'il met explicitement en parallèle avec son illustration de la fréquence des hernies. Joseph-François Malgaigne apporte peu au système graphique de la cartographie statistique, mais contribue beaucoup à l'utilisation croissante de l'illustration cartographique en médecine, illustration qui gardera non seulement les mêmes formes, mais encore la même source privilégiée : les documents du conseil de révision pour le recrutement militaire.

Les premiers exemples de cartographie statistique médicale étudiés ici ont bien une ascendance commune : le système Dupin, parvenu indirectement à nos auteurs à travers les cartes de Guerry et d'Angeville, et sans doute avec le relais de Parent-Duchâtelet, qui tient une place significative au confluent de la médecine et des premières expressions de la sociologie. Avec les cartes médicales, on peut observer une évolution continue, propre à une discipline depuis longtemps constituée, à la différence des sciences humaines qui se construisent au début du XIXe siècle. Aussi leur exemple permet de mieux juger de la réforme radicale qui s'effectue dans le langage graphique. À propos des œuvres picturales, Francastel note que « les Temps Modernes ont

122. S. Jarcho, 1974.

123. Phrase de Velpeau, collègue de Malgaigne, rapportée par E. Pilastre, 1905, p. 46.

respecté, quelles qu'aient pu en être les modalités, une convention figurative suivant laquelle les cadres spatiaux de l'expérience sont saisissables par les sens et révélateurs des qualités d'une matière divisible suivant trois dimensions en surfaces et en solides transférables ou rabattables sur nos écrans à deux dimensions[124] ». Le rapprochement que l'on peut faire entre langage artistique et langage cartographique est frappant. La cartographie de l'époque moderne, comme l'art pictural, est née des pratiques figuratives de la Renaissance, rompant avec les représentations symboliques médiévales. Elle s'est faite descriptive « d'un univers ramené aux normes de l'anthropomorphisme[125] ». Il n'existe pas alors de cartographie médicale à proprement parler. Les auteurs ne font que désigner un lieu, ou théâtre, des événements pathologiques. Les signes qu'ils utilisent possèdent les propriétés *visibles* des objets, ou encore leurs propriétés conventionnelles, c'est-à-dire celles qui se réfèrent à une convention iconologique acceptée, à l'origine de laquelle se trouve une expérience perceptive réelle. Ces propriétés laissent place, en cartographie thématique, à la codification des propriétés *ontologiques* des objets, non plus celles que l'on voit, mais celles que l'on connaît. Ainsi la maladie peut-elle être approchée par divers caractères, d'extension, d'expansion, puis d'intensité enfin, lorsque sont mis au point les instruments statistiques nécessaires et le langage qui leur correspond.

La carte ne se pose plus alors comme spectacle, mais comme méthode de recherche. À propos du choléra, le géographe allemand Augustus Petermann proclame, vers le milieu du siècle, cette utilité des nouvelles représentations « pour obtenir une image de l'étendue géographique des ravages de cette maladie, et pour découvrir les conditions locales qui peuvent influencer sa progression et son degré de létalité[126] ». Il ajoute : « la délimitation géographique est du plus haut intérêt, et même indispensable ; car les données statistiques, même arrangées de la manière la plus claire possible en tables systématiques, ne présentent qu'une apparence uniforme, tandis que les mêmes données, exprimées par une carte, communiqueront immédiatement les rapports relatifs entre chaque donnée individuelle, en même temps que leur position, leur étendue et leur distance, et ainsi, une carte rendra visible à l'œil, le développement et la nature de tout phénomène, en ce qui concerne sa distribution géographique[127] ».

124. *P. Francastel, 1970, p. 123.*

125. Ibid.

126. *A. Petermann, 1852, p. 2.*

127. Ibid.

CHAPITRE III

La cartographie des ingénieurs (1840-1870)

Le chemin de fer et la répartition de la population

Le corps des ingénieurs des ponts et chaussées, créé en 1716, est profondément transformé au début du XIXe siècle. Les assises scientifiques du métier d'ingénieur, pratiques et théoriques, se mettent alors en place. L'École des ponts et chaussées elle-même s'inscrit dans un environnement éducatif très nouveau, l'enseignement s'est diversifié, de nouvelles disciplines sont apparues [1]. Dans le contexte de la révolution industrielle qui se déclenche en France entre 1830 et 1860, l'établissement des grandes lignes de chemin de fer constitue la mission principale des ingénieurs. Après la construction sans grand enthousiasme de quelques lignes, souvent liées au monde de la mine (Saint-Étienne-Andrézieux en 1823, Lyon-Saint-Étienne en 1826...), la France est prise brusquement d'une fièvre ferroviaire, dont la liaison Paris-Saint-Germain-en-Laye, en 1837, peut être considérée comme le point de départ. Le tracé, comme la réalisation technique de cette infrastructure commande la naissance d'un « nouvel art de l'ingénieur » : il est nécessaire d'intégrer des données variées, les conditions physiques et techniques, la répartition et la mobilité des hommes et des richesses, voire la géostratégie. Nos techniciens de l'aménagement, responsables d'une transformation radicale unique dans l'histoire, envisagent particulièrement les facteurs géographiques comme autant de paramètres à contrôler pour la mise en place d'un réseau de communication, mais d'une manière dynamique et corrélative, ce qui explique que bien des éléments de leur réflexion puissent préfigurer des analyses plus tardives de la science géographique.

1. *On trouvera un bref historique relatif à cette question dans J. Michel, 1981, p. 25-31.*

Les ingénieurs des Ponts et Chaussées vont contribuer notablement à l'enrichissement des thèmes et des procédés de la cartographie statistique, après 1840. Leur cartographie peut se comprendre en fonction de cette conception nouvelle de leur action. Qu'ils recourent à la graphique ne peut d'ailleurs surprendre : celle-ci fait partie de leur formation, elle est requise pour leurs tâches ordinaires, depuis le calcul géométrique jusqu'au dessin des profils ou du tracé des voies sur fonds topographique. Mais au-delà de ces utilisations classiques, quelques ingénieurs se tournent vers la cartographie quantitative pour exprimer des informations qu'ils sont tenus d'incorporer dans leurs analyses, relatives à la démographie et à l'économie des transports. Projets et avant-projets d'établissement des lignes de chemin de fer se doivent de faire référence à la répartition de la population. Les ingénieurs en tiennent le plus grand compte dans leurs mémoires, par la description ou le tableau statistique, en utilisant parfois la notion de « population desservie », déterminée d'une façon curieusement limitative, par le recensement des habitants des communes situées au maximum à cinq kilomètres du tracé d'une voie[2].
En revanche, ce facteur reste exprimé le plus souvent « en deux dimensions » dans les études cartographiques. Le développement d'une cartographie thématique et quantitative de la population peut cependant être illustré par deux tentatives pionnières dans les années 1840, selon des méthodes offrant une image beaucoup plus approchée des faits de répartition que ne le proposait une carte de type choroplèthe, telle que l'*Essai* du comte d'Angeville en fournissait l'exemple. Il faut souligner ici que la masse de documents que constitue l'ensemble des projets de chemin de fer est telle que l'on ne peut exclure que d'autres applications du thème de la quantité démographique puissent être retrouvées, hors de celles que nous présentons ici.

2. *Ce mode de calcul est ainsi appliqué pour l'étude de la liaison entre Dijon et Mulhouse :* Avant-projets du chemin de fer de Mulhouse à Dijon ; Avant-projet de l'ingénieur Lacordaire, *Archives Nationales, cote F14 9118.*

Un théoricien original : Léon Lalanne

La solution la plus remarquable est sans doute celle qu'imagine en 1845 l'ingénieur Léon Lalanne. Si le système des paliers de valeur croissante s'applique sans grande réflexion théorique sur la méthode graphique, il en va autrement pour le procédé de Lalanne, issu d'un raisonnement élaboré, qui se fonde au départ sur les formes mathématiques de représentation. Les développements de la pensée de Lalanne sont riches d'enseignements sur la genèse du langage de la cartographie thématique. Ils permettent également de mieux saisir la corrélation entre l'œuvre technique et scientifique de l'ingénieur, et l'originalité de sa perception de l'espace.
Né à Paris en 1811, Léon Louis Chrétien Lalanne fait ses études à l'école polytechnique, formation qui conduit naturellement au service des travaux publics. Il entre aux Ponts et Chaussées à l'âge de vingt ans. Aspirant-ingénieur puis ingénieur ordinaire, il est affecté de 1831 à 1842 à des services divers dans l'ouest de la France. Quoiqu'il ait prêté serment au Roi et à la Charte, le jeune Lalanne est alors quelque peu suspecté pour son « imagination ardente » et ses « opinions ultra-libérales[3] ». Il met cette période à profit pour poursuivre des recherches mathématiques, créant à l'usage de l'ingé-

3. Cf. Dossier Lalanne, note confidentielle de la préfecture de la Manche, 9 décembre 1835, *Archives Nationales, cote F14 2254-1.*

nieur nouvelles méthodes de calcul et procédés géométriques : un abaque, une « géométrie anamorphique » (transposition des courbes de l'échelle décimale à l'échelle trigonométrique). Il conçoit des appareils variés : la balance arithmétique, l'arithmoplanimètre, etc. Il doit au succès de ces travaux d'être appelé en 1842 au secrétariat d'une section spéciale des Ponts et Chaussées, qui vise à l'examen des détails techniques et administratifs se rattachant à cette toute nouvelle branche des travaux publics : l'établissement des grandes lignes de chemin de fer. Quelques années après, Lalanne devient premier secrétaire d'une commission centrale des chemins de fer, créée en 1848. Pendant cette période pionnière du rail, Lalanne prend une part active à la mise en place de plusieurs lignes. Il est ainsi responsable d'études ou de travaux pour la liaison entre Paris, Vincennes et Saint-Maur (1841), la ligne de Sceaux (1844-1845), puis son prolongement vers Palaiseau et Orsay (1845-1846). Il s'occupe de l'achèvement du Paris-Strasbourg, puis contrôle les travaux de la ligne des Ardennes et des embranchements du Nord (1853-1855). Ses compétences le font encore choisir pour d'importantes constructions à l'étranger, entre 1856 et 1861. Membre de plusieurs commissions, élu en 1879 à l'Académie pour ses publications scientifiques, Lalanne termine sa carrière à la direction de l'École nationale des ponts et chaussées de 1877 à 1881. Cet homme à l'activité inlassable, dont l'existence est indissociable de la grande révolution technique de son siècle, s'éteint en 1892.

Le métier d'ingénieur inspire à cet esprit fécond bon nombre de ses trouvailles scientifiques, mais aussi un modèle précurseur sur la répartition spatiale des centres de peuplement. En effet, Lalanne présente en 1863 un mémoire à l'Académie des Sciences, dans lequel il envisage « les lois primordiales qui président au groupement des populations et qui par conséquent exercent la plus grande influence sur la contexture d'un réseau de voies de communication[4] ». Au congrès des sciences géographiques de Paris, le 2 août 1875, il expose à nouveau le contenu de ce mémoire. Supposant la réunion des centres de population contigus trois par trois, en triangles non entrecroisés, il note tout d'abord que le nombre de rayons divergents depuis chaque centre tend vers six. L'examen de cette triangulation le conduit à formuler deux lois : la *loi de l'équilatéralie*, c'est-à-dire la tendance à l'équilatéralité de tous les triangles joignant des « centres de population d'égale importance administrative » (Lalanne esquisse même pour la France une hiérarchie des centres, à cinq niveaux), et la *loi des distances multiples*, qui pose que la distance moyenne de deux centres de population de même ordre est approximativement un multiple de la distance moyenne entre deux centres de population d'un ordre inférieur[5]. Cette contribution préfigure la théorie dite « des lieux centraux », émise en 1933 par Walter Christaller, et recoupe incontestablement certaines curiosités de la géographie humaine contemporaine. Mais bien avant ce mémoire, les rapports entre la répartition de la population et les voies de communication conduisent Lalanne à imaginer une méthode cartographique inédite, qui retient d'ailleurs aussi peu l'attention de ses contemporains que les « lois primordiales » qu'il formule en 1863.

4. Notice sur les travaux et titres scientifiques de M. Léon Lalanne, *1876, p. 22.*

5. *L. Lalanne, 1863, p. 206 et suiv.*

Lalanne, familier des représentations mathématiques, réalise en 1843 la traduction graphique des tableaux numériques contenus dans un traité de l'Allemand L.F. Kaemtz, le *Cours complet de météorologie*. Il en expose les principes dans un « Appendice sur la représentation graphique des tableaux météorologiques et des lois naturelles en général[6] ». En ce qui concerne la représentation des lois à deux variables, Lalanne n'innove en rien puisqu'il utilise le système cartésien des courbes construites à partir de deux coordonnées. Mais les données réunies par Kaemtz lui soumettent un problème plus complexe : comment obtenir une représentation plane de l'espace à trois dimensions défini par trois variables numériques ? Lalanne envisage alors un diagramme adapté : si en un point du plan déterminé par les valeurs connues des deux premières variables, on élève une perpendiculaire au plan proportionnelle à la valeur de la troisième variable, on obtient un nouveau point, l'extrémité de cette perpendiculaire, parfaitement déterminé dans l'espace. Les points définis de cette façon pour l'ensemble des données numériques se placent sur une surface courbe de forme « très propre à peindre aux yeux » selon Lalanne[7]. Or, on dispose alors d'une notation simple et expressive pour exprimer sur un plan cette construction en trois dimensions : les « lignes de niveau », obtenues par des plans sécants à cette surface courbe, et projetées sur le plan défini par les deux premières coordonnées.

Lalanne présente un exemple d'application, avec, pour un lieu donné, les variables « heure du jour » et « mois de l'année » comme abscisses et ordonnées, et la température moyenne comme coordonnée perpendiculaire au plan. La surface courbe obtenue se traduit graphiquement par des courbes d'égale température pour le lieu choisi. Le diagramme ainsi construit permet de multiples observations et déductions : température minimum, maximum, absolue ou relative... Pratiquement, sa réalisation passe par la projection d'une série de courbes ordinaires, bâties en fonction de deux variables, sur une droite qui correspond à la valeur de la troisième variable (*cf.* figure 31). Lalanne utilise cette illustration ingénieuse pour traduire par exemple la « loi de la variation de la température moyenne par heure dans les différents mois de l'année à Halle » (figure 32), ou encore la « loi de la fréquence des vents dans les divers mois de l'année, à Dum-Dum près de Calcutta[8] ».

Ces représentations géométriques des lois naturelles contiennent déjà toute la théorie des cartes de population par courbes d'égale densité : il suffit de substituer l'espace géographique à l'espace géométrique. Lalanne franchit le pas moins de deux ans plus tard. Dans une courte communication de géométrie appliquée, faite le 17 février 1845 à l'Académie des Sciences[9], il reprend ses explications sur l'élévation des perpendiculaires, mais en remplaçant cette fois-ci l'abscisse et l'ordonnée du plan (les deux premières variables) par les coordonnées géographiques, et en réalisant cette élévation à partir des divisions territoriales d'un pays, « telles que les divisions par communes[10] », donc de données non plus ponctuelles, mais zonales. L'application de ce procédé à la population spécifique, c'est-à-dire aux densités, est la première qui vienne à son esprit : « une carte de ce genre offrirait à première vue une représentation aussi exacte et aussi expressive que possible de

6. Appendice *à L.F. Kaemtz, 1843, p. 1-35.*

7. Ibid.*, p. 4.*

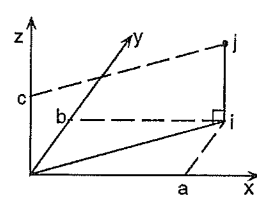
8. Ibid.*, planche I, figure 1 et figure 4. Les trois variables retenues pour la figure 4 sont la direction du vent, sa durée et les mois de l'année.*

9. *L. Lalanne, 1845, p. 438-441.*

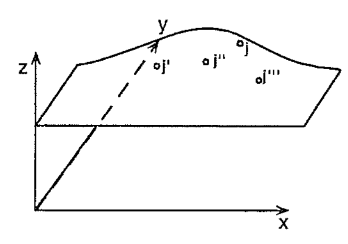
10. Ibid.*, p. 440.*

Fig. 31. Théories de L. Lalanne sur la représentation graphique des lois à trois variables, schémas explicatifs.

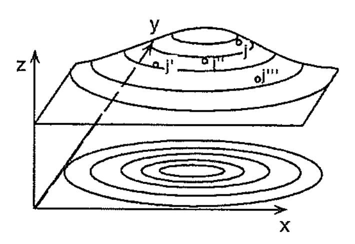
Soient les trois variables X, Y, Z, prenant respectivement les valeurs a, b, c ; a', b', c'... etc.



I.- Détermination plane du point i, à partir des 2 premières variables, puis élévation d'une perpendiculaire proportionnelle à la valeur de la troisième variable, et détermination dans l'espace du point j.



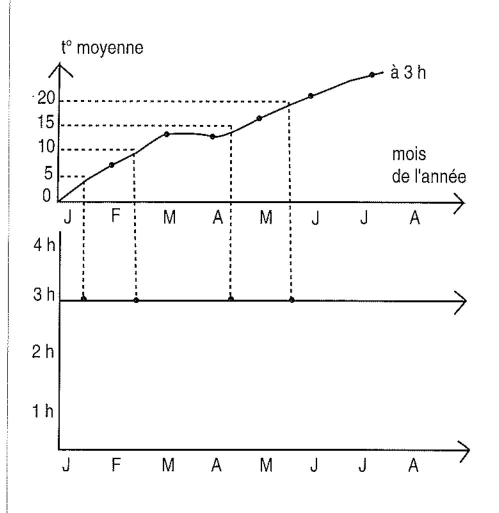
II.- L'opération est répétée pour l'ensemble des valeurs des trois variables. Les points déterminés dessinent « une surface courbe ».



III.- Cette surface courbe est exprimée dans le plan par la méthode des courbes de niveau.

RÉALISATION PRATIQUE DU GRAPHIQUE

Exemple des variables : température moyenne (en un lieu précis) ; mois de l'année ; heure du jour.



I.- Pour chaque heure du jour, on réalise une courbe en fonction des deux premières variables.

II.- Selon l'équipollence choisie pour les courbes de niveau (ici 5, 10, 15, 20 degrés) les points de la courbe ordinaire sont projetés sur le plan de la représentation. L'opération est répétée pour chaque courbe ordinaire correspondant aux différentes heures du jour.

Les courbes de niveau sont obtenues en joignant les points projetés de même valeur.

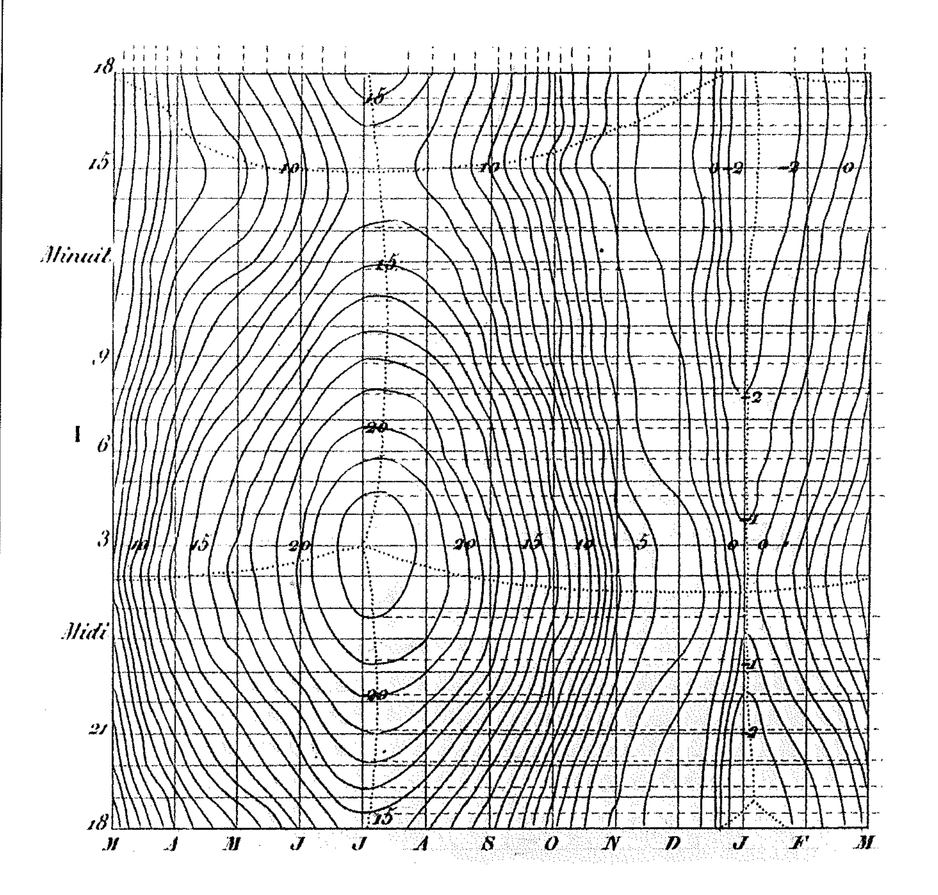


Fig. 32. L. Lalanne, courbes d'égale température moyenne à Halle, 1843. (Cliché : B.N., Service photographique.)

la répartition de la population. Semblable à un plan topographique dressé d'après les principes de Du Carla, elle présenterait des ondulations, des sommets escarpés, des cratères, des cols, des vallées. On peut prévoir que son relief apparent serait tout à fait inverse de celui de la surface du sol ; qu'ainsi nos vallées populeuses paraîtraient des chaînes de montagne ; qu'au contraire les cimes de nos montagnes désertes sembleraient des entonnoirs profonds. Si elle existait, elle rendrait les plus grands services pour une foule de questions économiques. Elle fournirait par de simples quadratures et cubatures le chiffre exact de la population desservie par une voie de communication nouvelle, et l'on ne pourrait plus alléguer des résultats contradictoires en ce qui concerne la répartition de la population, pour faire adopter ou repousser un tracé de chemin de fer [11] ». Lalanne préconise enfin, dans la même communication, la construction de courbes d'égale circulation, mais sans se montrer plus explicite.

Cette méthode cartographique des « courbes d'égale excentricité [12] » n'est pas appliquée directement par son auteur. Sans doute ce système excède-t-il les capacités statistiques de son temps : chaque point étant déterminé par une donnée territoriale, seules les divisions les plus fines permettent d'obtenir un nombre de points suffisant pour construire les courbes. Lalanne déplore d'ailleurs en 1845 l'insuffisance des statistiques françaises : « malheureusement les publications officielles du gouvernement ne donnent les superficies

11. Ibid.

12. *Expression reprise par Lalanne d'un mémoire de M. Morlet. Voir L. Lalanne, 1845.*

que par arrondissement, et les populations par cantons; et pour arriver à des résultats vraiment satisfaisants, il serait indispensable d'avoir ces deux éléments par commune [13] ». Mais, d'autre part, tous les problèmes pratiques que soulève la construction d'une telle carte par courbes d'égale densité de population ne sont pas résolus par leur inventeur : si, en topographie, les cotes d'altitude correspondent à des points, en cartographie quantitative, les statistiques se rapportent à des circonscriptions territoriales souvent étendues. Dans ce cas, on n'élève plus une perpendiculaire mais un prisme, dont le sommet, un plan horizontal, représente la donnée. Comment rétablir alors une surface courbe qui puisse être transcrite graphiquement ?

La solution n'est apportée en France que tardivement, après 1870, comme nous le verrons plus loin. Mais en 1857, un lieutenant de marine danois, Nils F. Ravn, réalise par isolignes deux cartes de la densité de population du royaume de Danemark [14]. Celles-ci sont l'occasion, pour Emil von Sydow, cartographe allemand rédigeant un bilan annuel de la cartographie européenne dans la fameuse revue de Gotha, *Mittheilungen aus Justus Perthes' geographischer Anstalt...*, de baptiser le procédé cartographique imaginé par Léon Lalanne : « *mit Recht setzt der Verfasser die Kurven seiner Karte in das ähnliche Verhältniss äquidistanter Höhenkurven, und wie diese Linien gleiche Hîhe oder « Isohypsen » sind, so möchten wir vorschlagen, die Linien gleicher Volksmenge « isoplethen » (isos-plethos) zu nennen* [15] ». L'isoplèthe, selon le vocable que forge von Sydow et que l'on retiendra ici, ne paraît pas introduire une originalité graphique particulière. Cette courbe appartient à la vaste catégorie des lignes isométriques, dont les premières applications cartographiques remontent à plusieurs siècles [16]. Lalanne indique d'ailleurs clairement la double filiation de la courbe qu'il a imaginée. En premier lieu, comme méthode de cartographie générale, « la première idée de la représentation graphique du relief du globe au moyen de courbes de niveau cotées, paraît due à Du Carla, de Genève, qui proposa à l'Académie des Sciences, en 1711, de l'appliquer aux cartes de géographie [17] ». En 1845, Lalanne insiste une nouvelle fois sur l'analogie de l'isoplèthe et de l'isohypse [18]. L'année suivante, dans un article des *Annales des Ponts et Chaussées*, il ajoute le nom de Philippe Buache à celui du précurseur genevois [19]. Cependant, Lalanne s'autorise surtout des premiers développements thématiques de l'isoligne, qu'il distingue nettement, comme applications à des « lois naturelles », tant de la courbe de niveau que de diverses utilisations mathématiques ou géométriques. Le système lui parvient donc indirectement, à travers les cartes du magnétisme terrestre de Halley et de Duperrey, mais surtout à partir de l'exemple des isothermes, conçues par Alexandre von Humboldt en 1817 [20]. En 1843, Lalanne affirme que le savant allemand fut « le premier qui imagina de réunir à la surface du globe, par des courbes continues, d'autres points que ceux qui se trouvent à un même niveau au-dessus de l'océan ». Pour Lalanne, la parenté entre les isothermes et ses propres diagrammes météorologiques est manifeste [21]. Il se réclame à nouveau, en 1845, de cette « heureuse et féconde idée » de Humboldt.

13. Ibid., *p. 440.*

14. Populations Kaart over det Danske Monarki, *1845, et* Populations Kaart over det Danske Monarki, *1855, 1/1 930 000, Copenhague, 1857.*

15. *« L'auteur établit à juste titre un rapport de ressemblance entre les courbes de ses cartes et les courbes de niveau équidistantes, et de même que l'on désigne ces lignes de même altitude comme les « isohypses », nous voulons proposer de désigner les courbes d'égale densité de population comme les « isoplèthes »* (isos-plethos). *» E. von Sydow, 1859, p. 225.*

16. *Rappelons que les premières isobathes sont tracées en 1584, sur une carte de la Spaarne du Néerlandais Bruinss. Les isogones (voir notre première partie) sont conçues à la fin du XVIIe siècle. Pour une étude historique plus complète sur l'isoligne, voir Horn, 1959, p. 225-232 ; A.H. Robinson, 1971, p. 49-53 et H. Wallis, 1976, p. 31-34.*

17. *L. Lalanne, 1843, p. 9-10.*

18. *L. Lalanne, 1845, p. 440.*

19. *L. Lalanne, 1846, p. 61.*

20. *La* Carte des lignes isothermes *figure dans : A. von Humboldt, « Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe »,* Mémoires de Physique et de Chimie de la Société d'Arcueil, *t. 3, Paris, 1817. Sur cette « œuvre-phare » de la cartographie thématique, voir : A.H. Robinson & H. Wallis, 1967, p. 119-123. L'un des premiers auteurs qui ait repris le procédé de Humboldt, avant que celui-ci ne soit totalement popularisé par H. Berghaus dans son* Physikalischer Atlas, *est d'ailleurs L.H. Kaemtz, en 1830.*

21. *L. Lalanne, 1843, p. 10.*

Le cas de l'isoplèthe montre que certains moyens d'expression de la cartographie thématique peuvent trouver leur origine dans le langage de la cartographie générale[22], phénomène que l'on peut aussi évoquer à propos de la multiplication des symboles ponctuels sur les cartes spéciales du XVIIIe siècle. Au XIXe siècle, le langage familier des représentations topographiques est d'ailleurs souvent transposé aux cartes thématiques, particulièrement pour illustrer des phénomènes physiques. L'exemple le plus net est celui des cartes chorochromatiques, reposant sur l'utilisation sélective de plages de couleur : d'abord conçue comme enluminure, la couleur prend une signification différentielle en topographie (plaines en jaune, plateaux en vert...) puis en cartographie thématique (cartes d'utilisation du sol, cartes géologiques...). Cependant, dans le cas présent, la figuration des courbes isothermes (nonobstant l'antériorité des isoclines) constitue l'étape décisive : c'est elle qui permet le passage d'une technique topographique à une technique de cartographie thématique, et ouvre ainsi la voie aux réflexions de Lalanne. La garantie scientifique apportée par Humboldt est une nouvelle fois déterminante pour que soient envisagées de nouvelles applications à la ligne isométrique. Avec ses courbes, à l'instar de Playfair et Humboldt, Lalanne administre à son tour la preuve que la quantité, autre que distance, altitude ou profondeur, peut être représentée graphiquement. On repère également l'antécédence du diagramme statistique par rapport à la carte. Lalanne songe tout d'abord à bâtir un diagramme de corrélation entre trois caractères avant d'envisager une application cartographique. Dans la construction du code de la cartographie statistique, l'invention d'un diagramme constitue fréquemment une étape initiale. Les auteurs, par leur formation scientifique, y recourent logiquement. En revanche, l'idée d'une expression géographique des phénomènes n'est pas naturelle ou immédiate, et son utilité moins évidente pour les statisticiens.

22. Cf. *A.H. Robinson, 1971, p. 49.*

En 1846, Lalanne retrouve, pour célébrer ses constructions graphiques, les accents de Playfair : « Quelles que soient l'origine, la nature et la destination des tableaux graphiques à courbes de niveau cotées, les avantages qu'ils offrent sont frappants. Ils peignent aux yeux, dès le premier aspect, sans fatiguer l'attention, les variations de la loi qu'ils représentent ; ils indiquent le sens dans lequel ces variations atteignent leur maximum et leur minimum, et l'influence qu'y apporte chacun des deux éléments dont elles dépendent ; ils permettent une interpolation à vue qui exigerait des calculs toujours fatigants et sujets à erreur quand on opère sur des nombres, enfin ils peuvent renfermer implicitement des résultats pour la détermination desquels ils n'avaient pas été préparés[23]. » On ne peut contester l'ingéniosité de la méthode et les progrès accomplis en matière de traitement des données numériques. Toutefois, les qualités graphiques se mesurent encore à l'efficacité de la communication. Lalanne se retranche ici derrière une valorisation *a priori* des moyens graphiques. Il n'a d'ailleurs produit aucune carte selon son procédé ! Nous soulignerons plus loin les défauts graphiques de la carte isoplèthe, en présentant ses premières applications en France.

23. *L. Lalanne, 1846, p. 67.*

Le rôle d'une cartographie de la population établie en corrélation avec l'examen de divers problèmes, (l'établissement de voies de communication, mais également, comme l'affirme Lalanne, « une foule de questions économiques ») apparaît plus concrètement encore avec une carte de 1844, réalisée par un autre ingénieur des Ponts et Chaussées.

Bollain et la cartographie du peuplement

Apprécier la distribution de la population par les premiers systèmes de cartographie statistique, carte par points, carte choroplèthe ou carte isoplèthe, est en fait malaisé. Les caractéristiques géographiques de ce thème, et particulièrement la brutalité des contrastes de densités et l'opposition des formes de peuplement, groupé ou dispersé, sont gommées par les gammes de valeur ou par les courbes d'égal élément. Les premières laissent à penser que les zones représentées sont homogènes, les secondes que la population varie avec la même régularité que la pente qui s'établit entre deux courbes. Les statisticiens reconnaîtront rapidement que pour corriger ces difficultés, l'utilisation de la plus petite division administrative est une règle essentielle d'expressivité. Cependant, une approche cartographique plus satisfaisante des caractères de la répartition de la population est employée en 1844 par l'ingénieur Bollain, qui modifie habilement le système des paliers de valeur. Son travail, comme celui de Lalanne, demeure sans suite immédiate, bien qu'il fasse preuve d'une étonnante modernité.

De Bollain nous ignorons presque tout, hormis que cet obscur ingénieur ordinaire de deuxième classe est employé en 1844 et 1845 dans le département du Nord. Pendant cette période est alors à l'étude le « chemin de fer du littoral », embranchement de Lille vers Dunkerque et Calais. La première section de cette voie, de Lille à Dunkerque par Hazebrouck et d'Hazebrouck à Saint-Omer a été créée le 12 août 1844 par un arrêté du ministère des travaux publics, et organisée le 16 août : Bollain, ainsi qu'un autre ingénieur ordinaire, y travaille sous les ordres de l'ingénieur en chef Davaine. Les Archives Nationales conservent une carte unique de Bollain, de peu antérieure à l'organisation de cette section du réseau du Nord, et qui fait probablement partie des études préparatoires pour cette ligne. Il s'agit de la *Carte de la population des départements du Nord et du Pas-de-Calais divisés par cantons indiquant le tracé du chemin de fer du littoral suivant le système d'une station centrale à Hazebrouck et le système d'un point de bifurcation à Ostricourt* (figure 33), dressée le 17 juin 1844[24].

24. *Archives Nationales, cote F14 10 369-2, pièce 6.*

À la différence du procédé imaginé par Lalanne, cette carte est conçue en fonction d'un projet de ligne précis. La cartographie de la population n'intervient donc pas seulement de manière théorique ou distanciée : avec Bollain, elle accompagne un travail concret de l'ingénieur, comme le montre d'ailleurs la superposition du réseau ferroviaire projeté et des signes thématiques relatifs à la population. Le système graphique mis en œuvre comporte plusieurs éléments originaux. Cette carte à échelle moyenne (environ 1/286 000) descend au niveau de la division cantonale, pour exprimer les

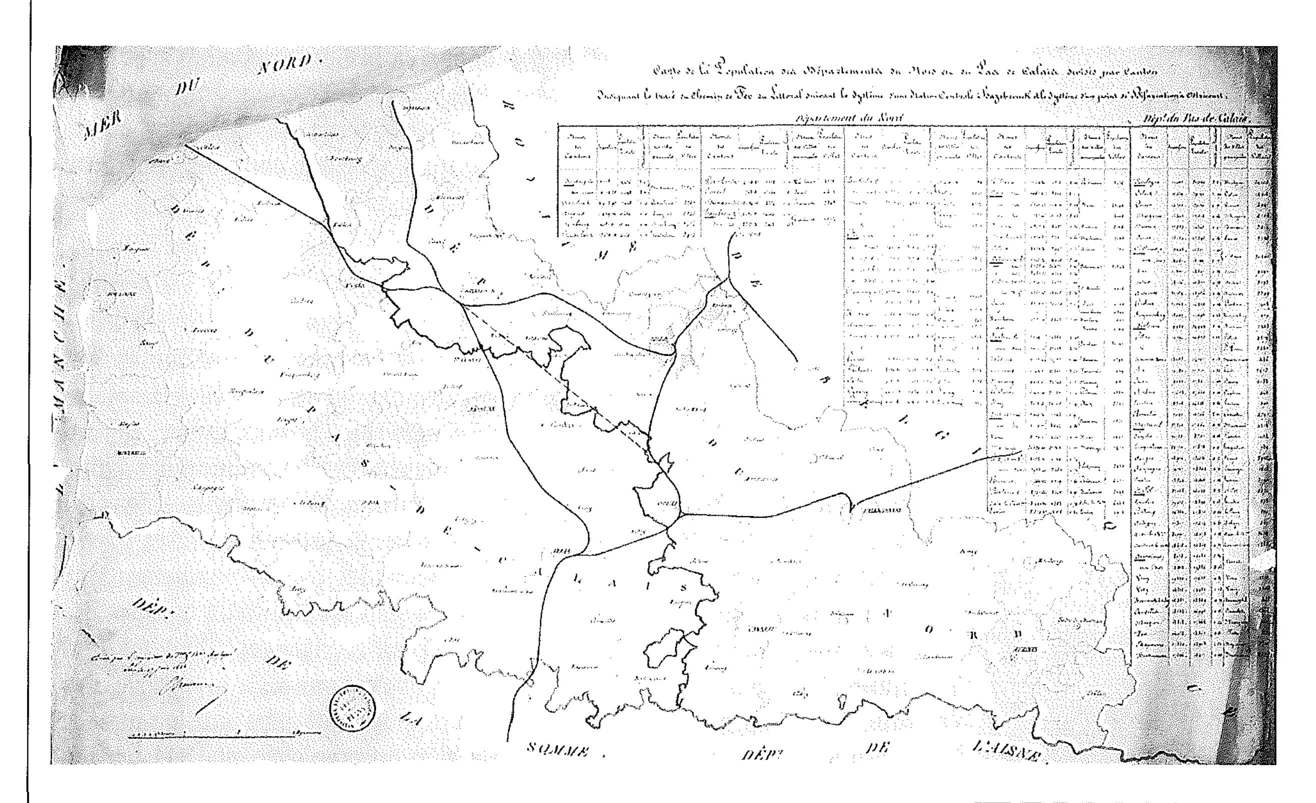


Fig. 33. Bollain, *Carte de la population des départements du Nord et du Pas de Calais...*, 1844. (Cliché : Archives nationales, Service photographique.)

données de densité à l'hectare par des paliers de valeurs croissants. Mais ici, la gradation de teinte n'est pas construite arbitrairement : elle est obtenue selon une méthode rigoureuse, par des croisillons proportionnels à la donnée statistique : les traits sont deux fois plus resserrés lorsque la densité double. On peut penser que Bollain a cherché à substituer à la perception ordonnée des paliers de valeur une perception quantitative, un moyen de calcul visuel que n'offrait pas le système Dupin. Ce procédé constitue une réponse appropriée au problème de la figuration zonale de données quantitatives telles que les densités, dans la mesure où la taille est la seule variable sensible qui permette de saisir un rapport numérique entre deux signes. Cependant, la méthode est appliquée au détriment de la lisibilité : la carte de Bollain offre autant de paliers qu'il y a de données numériques différentes ; or la possibilité de séparer visuellement les différents paliers est limitée, et ceci d'autant plus que la variation de taille s'exprime ici par un écartement de lignes et non une quantité de noir en teinte plate[25].

Le procédé graphique de Bollain, malgré les problèmes de lecture qu'il entraîne, est d'une inventivité remarquable. Il est peut-être déjà révélateur d'une réflexion sémiologique que nous trouverons plus nettement exprimée par la suite, lorsque l'ingénieur Charles Minard applique une méthode voisine. En effet, il est conçu pour traduire la totalité de l'information potentielle, soit l'ensemble des valeurs discrètes de la grandeur considérée, et non un petit nombre d'intervalles numériques. La recherche d'une traduction graphique plus fidèle des statistiques de la population s'exprime conjointement chez Bollain par l'utilisation de cercles proportionnels à la population

25. *Rappelons que la variation de taille peut être obtenue en faisant varier la surface d'un signe, ou en faisant varier un nombre de signes égaux. C'est le second cas qui est représenté ici (nombre de lignes par unité de surface).*

des agglomérations, dans un rapport de 1 mm² pour 150 habitants[26]. Pour la première fois, une carte française approche la notion de mode de peuplement, en distinguant la population agglomérée. La population des villes n'est cependant pas ôtée de la population cantonale, pour les calculs de densité.
C'est en France une des premières transpositions sur carte des diagrammes qu'avait imaginés Playfair au début du siècle, avec la carte de 1843 du baron Dupin. Il ne s'agit cependant pas d'une « première » cartographique : en 1837, cette méthode de représentation apparaît, avec bien d'autres innovations, dans une remarquable série de cartes accompagnant le rapport d'une « commission du chemin de fer d'Irlande[27] ». L'auteur, il faut le souligner, est lui-aussi ingénieur des chemins de fer : c'est le britannique Henry Drury Harness, que nous avons évoqué plus haut pour son invention de la méthode dasymétrique. L'étude des possibilités d'établissement de lignes en Irlande, commandée par le sous-secrétaire d'État sir Drummond, a conduit Harness à construire en 1837 des « monuments d'ingéniosité » cartographiques[28] : « *with a view of placing, as it were before the eye, a picture of the country representing the distribution of its population and its traffic, wether of goods or of passengers, illustrative maps, on a new design, have been prepared*[29] ». Parmi les six cartes réunies dans l'atlas qui accompagne le rapport de la commission, trois cartes statistiques appliquent le système des cercles proportionnels aux quantités absolues de population urbaine[30]. Bollain, sept ans après Harness, recrée le procédé, et mêle lui aussi les données relatives des densités aux données absolues des populations agglomérées. Il n'emploie pas toutefois le cercle proportionnel avec la même efficacité : ses signes graphiques sont réduits à des cernes colorés, or la variation de taille est surtout sensible pour des signes de valeur foncée, car l'œil perçoit mieux les différences de quantité de noir. « À la limite, des signes évidés et blancs font perdre à la variation de taille toutes ses propriétés spontanées[31] ». En revanche le procédé est appliqué avec une grande rigueur géographique : les cercles sont strictement centrés sur les points ou foyers qui correspondent au site de l'agglomération, et peuvent éventuellement se chevaucher, se superposer, ainsi pour Roubaix et Tourcoing. Le fond repère n'est pas sacrifié à la représentation du thème, l'espace topographique ne subit aucune déformation, ce qu'il est important de relever dans la mesure où ce ne sera pas toujours le cas par la suite.
Ce mode mixte de représentation des quantités de population, par figures proportionnelles et paliers de valeur, d'une conception très rigoureuse, répond par avance à bien des critiques qui seront formulées à l'encontre de la cartographie statistique. Ici, l'appui sur les circonscriptions administratives (les cantons) n'empêche pas de fournir une image satisfaisante du mode de peuplement. La différenciation introduite entre densité générale et peuplement urbain, bien que nous ignorions sur quelle base statistique elle repose, est également un progrès substantiel. La confiance dans la graphique n'est cependant pas totale : Bollain répète en tableau tous les chiffres utilisés pour construire ses trames et ses cercles. Harness inscrivait de même les statistiques à côté de chaque cercle construit. La tentation du scriptogramme n'a pas disparu.

26. *Il s'agit d'un rapport approximatif que nous calculons directement sur la carte, Bollain n'ayant pas rédigé de légende.*

27. Atlas to Accompany the Second Report of the Raiway Commissioners, *s.l., 1838. Deux exemplaires de cet ouvrage sont recensés par Robinson, l'un à la bibliothèque du British Museum, l'autre à la Bibliothèque du Congrès de Washington (A.H. Robinson, 1955, p. 440).*

28. Ibid., *p. 445.*

29. *« Des cartes figuratives ont été préparées, selon un modèle nouveau, pour proposer une image du pays qui montre la répartition de sa population et la circulation de ses marchandises et de ses voyageurs, comme si on les avait sous les yeux. » H. Harness,* Second Report of the Railway Commissioners, *s.l., 1838, p. 3. Cité par A.H. Robinson, 1955, p. 441.*

30. *Ces trois cartes s'intitulent :* Maps of Ireland to Accompany the Report of the Railway Commissioners
1) showing the Relative Number of Passengers in Different Directions by Regular PUBLIC CONVEYANCES,
2) showing the Relative Quantities of TRAFFIC in Different Directions,
3) showing by the Varieties of Shading the Comparative Density of the Population.
Il s'agit de cartes au 1/633 600. La troisième est une carte choroplèthe, mettant en œuvre la méthode dasymétrique. Les deux premières constituent par ailleurs les premières cartes de flux connues en Europe (voir plus loin).

31. *J. Bertin, 1973, p. 71.*

La carte de Bollain va rester totalement ignorée, et l'utilisation des cercles proportionnels ne sera véritablement popularisée en Europe qu'à la suite des travaux cartographiques d'Augustus Petermann dans divers Atlas et dans ses *Geographische Mitteilungen*, revue qu'il fonde à Gotha [32]. Petermann s'attribuera d'ailleurs la paternité du système, quoiqu'il ait eu probablement connaissance des travaux de Harness [33]. Les œuvres de Bollain ou Harness nous confirment que la relation entre les projets de chemin de fer et la cartographie statistique n'est pas fortuite, et prouvent le rôle privilégié des ingénieurs dans le développement du nouveau langage graphique. L'innovation cartographique connaît incontestablement un âge d'or entre 1835 et 1855, ainsi que l'affirme Robinson [34].

L'émergence des formes graphiques que nous étudions peut être rapportée à des exigences précises, des problèmes d'ordre théorique ou pratique liés au développement du chemin de fer, au cours de la première révolution industrielle. Mais ces circonstances favorables, ces facteurs déclenchants se placent dans un nouveau contexte intellectuel : l'homme est devenu objet de science (ce qui est selon Foucault « un événement dans l'ordre du savoir [35] ») et il existe donc la « possibilité intrinsèque » de sa représentation, dans sa distribution comme dans sa pathologie, ou encore dans ses activités. L'expression de la quantité démographique précède de peu celle de la quantité économique. Elle l'annonce par le recours à la variation de taille en vue d'une restitution plus rigoureuse des nombres, et par une similitude de contexte : c'est encore une fois un ingénieur des ponts et chaussées, Charles-Joseph Minard, qui va jeter les bases d'une cartographie économique de l'Europe [36].

La cartographie économique de Minard

Les renseignements de nature économique n'étaient pas, nous l'avons vu, totalement absents de la cartographie du XVIIIe siècle : certaines « cartes spéciales » ont pu permettre de dresser des tableaux qualitatifs sommaires des productions de diverses contrées [37]. Après 1800, d'Angeville réalise avec ses cartes par teintes graduées une première approche statistique de l'industrie, « déduite du nombre des forges et usines, des industriels, des patentes et des patentables », et de l'alimentation, véritable indice du niveau de vie à caractère très moderne, en se fondant sur le rapport des consommations de froment et méteil et de grain inférieur. Mais les sources statistiques sont alors rares et ce n'est qu'après 1840, avec les quelques cinquante « cartes figuratives » de Charles Joseph Minard, que l'on atteint à une cartographie économique cohérente, structurée, multipliant les indicateurs. Avec Minard, il se confirme de façon exemplaire que la cartographie quantitative s'enracine dans une expérience technique, incitant à la réflexion en matière d'économie politique. Sa biographie s'apparente par bien des aspects à celle de Léon

32. *Parmi les cartes de Petermann utilisant ce procédé :* Map of the British Isles, Elucidating the Distribution of the Population, Based on the Census of 1841, *1849, 1/1 600 000.*
Map showing the Distribution of the Population of the British Isles, *Londres : National Society for Promoting the Education of the Poor in England and Wales, 1851.*
De manière plus inattendue, Petermann emploie en 1851 le cercle proportionnel pour exprimer les quantités de précipitations : Hyetographic Map of the British Isles and the Neighbouring Countries Showing the Quantities of Rain which Falls in Different Parts, *Londres, 1852(?). Carte reproduite dans A.H. Robinson, 1982, p. 80.*

33. *Hypothèse de A.H. Robinson (1955, p. 449).*

34. *« La période 1835-1855 pourrait bien être qualifiée d'"âge d'or" du développement de la cartographie géographique. Au cours de cette vingtaine d'années, presque toutes les méthodes connues à présent pour représenter la population, les quantités, les distributions, densités et flux, semblent avoir été inventées. »* Ibid., *p. 440. Eu égard à l'invention de Dupin, on pourrait cependant faire débuter cet âge d'or en 1825-1826.*

35. *M. Foucault, 1966, p. 356.*

36. *Nous reprenons ici partiellement le titre d'un article de F. de Dainville, qui le premier redécouvrit l'œuvre essentielle de Minard. (F. de Dainville, 1970, p. 15-23).*

37. *Hormis les cartes citées en première partie, ce thème est illustré au XVIIIe siècle par les travaux précurseurs des cartographes russes Renezov et Lomonossov. Voir Castner, 1980, p. 163-175.*

Lalanne, par son rapport étroit avec la mise en place du réseau ferroviaire. Minard joue certes un moindre rôle sur le plan pratique, la réalisation et l'étude des lignes, mais il apparaît comme l'infatigable théoricien et enseignant de cet art nouveau de l'ingénieur.

La carrière et l'œuvre de Minard. Révolution industrielle et cartographie

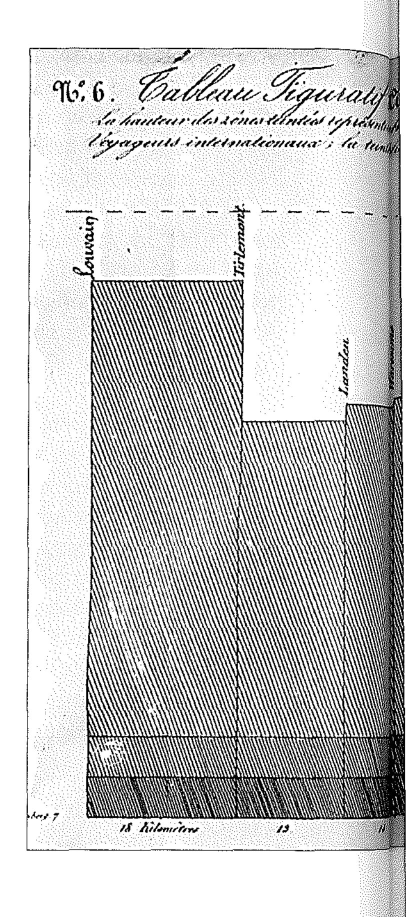
Né à Dijon en 1781, Minard est porté au cours de ses études au collège vers les sciences physiques et mathématiques. Il entre à quinze ans et demi à l'École polytechnique, puis à dix-neuf ans à l'École des ponts et chaussées, où il reçoit une formation pratique de base. Même si l'un de ses biographes indique qu'il a pressenti très tôt le rôle du chemin de fer, il ne réalise entre 1802 et 1830 que des travaux liés aux voies navigables et aux installations portuaires : nivellement du canal de Saint-Quentin, puis du canal de Charleroi à Bruxelles en 1806, études sur le port de Rochefort en 1810, reconstruction de Flessingue en 1813, aménagement du port d'Anvers... Après la chute de l'Empire, il retrouve des services ordinaires, construction de ponts ou travaux du canal du Centre. En 1830, Minard intègre le corps des inspecteurs de l'École des ponts et chaussées, et se trouve chargé peu après d'un cours sur la navigation intérieure. C'est alors qu'il songe à compléter son enseignement par des leçons sur le chemin de fer. Les documents et les renseignements pratiques sur cette matière absolument nouvelle sont alors rares, et Minard pallie les retards de l'ingénierie française par de fréquents séjours à l'étranger, notamment en Angleterre, afin de réunir les informations nécessaires. Les cours qu'il professe ensuite reçoivent un écho important, puisqu'ils sont imprimés et diffusés jusqu'en Belgique et en Allemagne. Après 1842, des promotions le conduisent à résigner ses fonctions d'enseignant. Membre temporaire puis permanent du conseil général des Ponts et Chaussées, il prend alors une part active à la détermination des grands tracés des voies ferrées françaises, tâche majeure de ces années 1840, jusqu'à sa mise à la retraite en 1851. Alors âgé de soixante-dix ans, une « seconde existence[38] » s'ouvre pour lui, au cours de laquelle il se consacre à des recherches personnelles, concrétisées par une longue liste de publications. S'il n'avait jusqu'alors dessiné que quelques cartes et diagrammes, il manifeste sa prédilection pour la graphique en multipliant les cartes figuratives jusqu'à l'âge avancé de quatre-vingt-neuf ans. Amené à quitter Paris en septembre 1870, devant l'avance des Prussiens, il se réfugie à Bordeaux où il meurt le 24 octobre 1870[39].

38. *V. Chevallier, 1871, p. 15.*

39. *Pour ces détails biographiques, en dehors de la référence précédente, voir aux Archives nationales :* Dossier de personnel. Ingénieurs des ponts et chaussées. Charles Joseph Minard. *Cote F14 2284-1.*

La cartographie de Minard est celle d'un observateur privilégié des mécanismes de la Révolution industrielle, et notamment de la mobilité des hommes et des marchandises, opposée à la faiblesse de la circulation préindustrielle. Les nouvelles voies de communication lui apparaissent clairement comme un facteur majeur de richesse et de développement, et leur établissement doit constituer selon lui une action spatiale pesée et réfléchie, du ressort du technicien et non du politique. Minard se livre à des analyses

approfondies en ce domaine à plusieurs reprises. En 1844, il critique la conception courante d'une concurrence des voies de communication, estimant que pour établir le chemin de fer, « la préférence appartient de droit aux pays qui présentent les relations intermédiaires les plus nombreuses et les plus importantes. Or, elles existent déjà dans une vallée que la navigation a vivifiée, enrichie et peuplée, et l'utilité du railway est beaucoup plus probable sur ce terrain que sur d'autres moins fécondés par l'industrie[40] ». Ainsi, « il y a plus à compter sur les relations existantes que sur d'autres d'une augmentation problématique[41] ». Cette idée se fonde non seulement sur les notions de coût, de prix, et d'usage différent des voies ferrées ou navigables, mais également sur les causes naturelles et historiques de l'accroissement de la population et des richesses en des sites privilégiés, tels que les vallées. En 1850, Minard préconise des constructions publiques rapides et à moindres frais, car l'infrastructure s'avère rapidement obsolète par rapport aux besoins : « un peu de réflexion fait voir que les progrès continuels de la civilisation, de même qu'une marche rétrograde, amènent des changements si grands dans les arts, dans les mœurs, dans les usages, qu'une construction faite aujourd'hui dans un but pourra fort bien ne plus le remplir dans quelque temps. Et si à ces causes nous ajoutons le déplacement inattendu du commerce, de l'industrie et des populations, on trouvera que dans plusieurs circonstances la très grande solidité des constructions publiques n'a pas concouru à la richesse d'une nation, mais encore a dû en gêner les progrès, par cela même qu'elles forçaient à continuer un ordre de chose peu avantageux. En définitive, il n'y a aucune utilité perpétuelle[42] ».



Les cartes thématiques de Minard s'articulent sur des réflexions de ce type. Elles sont autant de réponses directes aux questions de l'aménagement. Elles reflètent une logique d'économie politique voire de géographie économique, en abordant les « dynamiques spatiales et temporelles[43] » des phénomènes. Productions, consommations et surtout flux sont alors appréciés grâce à une considérable amélioration des moyens graphiques. Minard, par l'ingéniosité de ses systèmes de représentation, se pose en précurseur dans le domaine de la manipulation des données numériques[44]. Il crée ou adapte de nombreux procédés graphiques, qui expriment pour la plupart cette unique préoccupation : « *faire apprécier immédiatement par l'œil, autant que possible, les proportions des résultats numériques*[45] ».

« J'ai entendu dire, à l'occasion de mes cartes, indique Minard, qu'il y avait bien longtemps qu'on avait fait des cartes parlantes ; non seulement mes cartes parlent, mais, de plus, elles calculent par l'œil ; c'est là le point capital[46] ». Minard veut ainsi corriger la faiblesse de la représentation statistique par teintes graduées, qui « dit le plus ou le moins, mais non le combien, car l'œil, qui peut distinguer le rapport des longueurs, est impuissant à nombrer les intensités d'une couleur[47] ». Enfin, à la différence de ses prédécesseurs, Minard ne conçoit plus la carte thématique comme une illustration quelque peu secondaire de son œuvre. Il y recourt fréquemment, non plus en contrepoint d'un texte, mais comme mode d'expression autonome, et ne se permet

40. *C.J. Minard, 1844, p. 4.*

41. Ibid., *p. 5.*

42. *C.J. Minard, 1850, p. 74-75.*

43. *J. Konvitz, 1981, p. 103.*

44. *A.H. Robinson, 1967, p. 95 : « Minard fut à bien des égards un pionnier de la cartographie, aussi bien dans le domaine du symbolisme cartographique que du traitement des données qu'il utilisait. »*

45. *C.J. Minard, 1861, p. 2. (souligné par l'auteur).*

46. Ibid., *p. 4.*

47. *C.J. Minard, 1869, p. 7.*

Fig. 34. C. Minard, *Tableau figuratif de la circulation des voyageurs...*, 1844. (Collection et cliché École nationale des Ponts et Chaussées.)

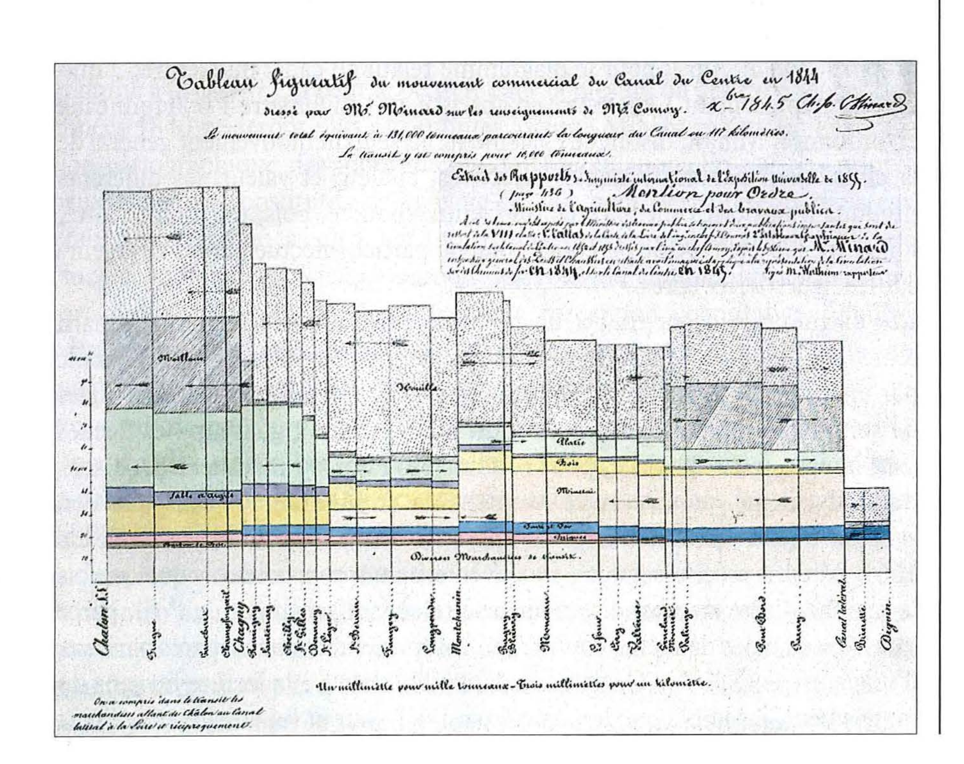


Fig. 35. C. Minard, *Tableau figuratif du mouvement commercial du canal du Centre en 1844*, 1845. (Col. et cliché E.N.P.C.)

le plus souvent que quelques observations en légende, qui insistent sur les phénomènes que démontre la carte.

Les premiers exemples français d'une cartographie des flux

Dans l'ensemble des méthodes graphiques popularisées par Minard, la place principale est tenue par un procédé en implantation linéaire, l'expression des flux, ou « mouvements de la circulation », selon la terminologie de l'auteur. Les cartes de flux, considérées comme une innovation majeure, sont celles qui impressionnent le plus ses contemporains, même si l'apport de Minard ne s'y limite pas.

L'ANTÉCÉDENCE DES DIAGRAMMES

Comme dans le cas de l'isoplèthe, c'est une évolution à partir de diagrammes statistiques qui aboutit à la figuration des flux économiques. En mai 1844 et décembre 1845, Minard imagine des « tableaux figuratifs » qui traduisent l'importance de la circulation des voyageurs sur différentes lignes de chemin de fer[48] et des flux de marchandises sur le canal du Centre[49] (figures 34 et 35). Diagrammes à deux composantes, les tableaux de Minard sont des histogrammes, graphiques formés de rectangles juxtaposés, tels que « la surface de chaque rectangle et la surface totale des rectangles aient une signification[50] ». En abscisse se trouve portée la composante géographique : les distances, soit entre les différentes stations des lignes de chemin de fer européennes considérées, soit entre Chalon et Digoin, points extrêmes du canal du Centre. Le nombre de voyageurs transportés ou les tonnages de marchandises sont indiqués par les coordonnées verticales. La représentation des distances, des tonnages ou du nombre des voyageurs est strictement proportionnelle. Ainsi, pour le diagramme relatif au canal du Centre, 3 millimètres représentent 1 kilomètre en abscisse, et 1 millimètre 1 000 tonneaux en ordonnée. Minard distingue également, au sein du mouvement général de la circulation, par des variables sélectives, couleur et valeur, les différents produits transportés sur le canal du Centre (houille, bois, moellons, plâtre, fonte, etc.), ou le type de parcours, total ou partiel, effectué par les voyageurs sur les lignes ferroviaires.

Les diagrammes ayant trait à un mouvement, ou à une relation, Minard tente, sur le tableau du canal du Centre, de préciser l'orientation du trafic par une série de flèches au dessin très figuratif, superposées aux rectangles de son graphique, selon un mode indicatif assez peu rigoureux (les flèches sont omises, faute de place, pour certains produits, ou indiquent deux sens de mouvement – houille entre Montchanin et Montceau – sans que l'on sache à quelles quantités elles se réfèrent). Dans une brochure datée de 1861, Minard précise cet autre inconvénient de son procédé : « quelquefois la marche d'une marchandise ne peut être suivie facilement de l'œil, parce que les rectangles de même couleur qui la représentent sont séparés par ceux d'une autre couleur[51] ». Outre cette difficulté relative à la lecture du sens du mouvement, il semble que le « calcul par l'œil » aurait lui aussi été facilité si

48. Tableau figuratif de la circulation de quelques chemins de fer dans lesquels la hauteur des zones avec hachures indique, selon l'échelle, le nombre des voyageurs qui ont passé sur les différentes parties d'un chemin. Les chiffres horizontaux indiquent les longueurs parcourues en kilomètres, *s.l., mai 1844.*

49. Tableau figuratif du mouvement commercial du canal du Centre en 1844, *s.l., décembre 1845.*

50. *J. Bertin, 1973, p. 220.*

51. *C.J. Minard, 1861, p. 2. On peut observer cette discontinuité des couleurs en figure 35, à la hauteur de la ville de Montchanin.*

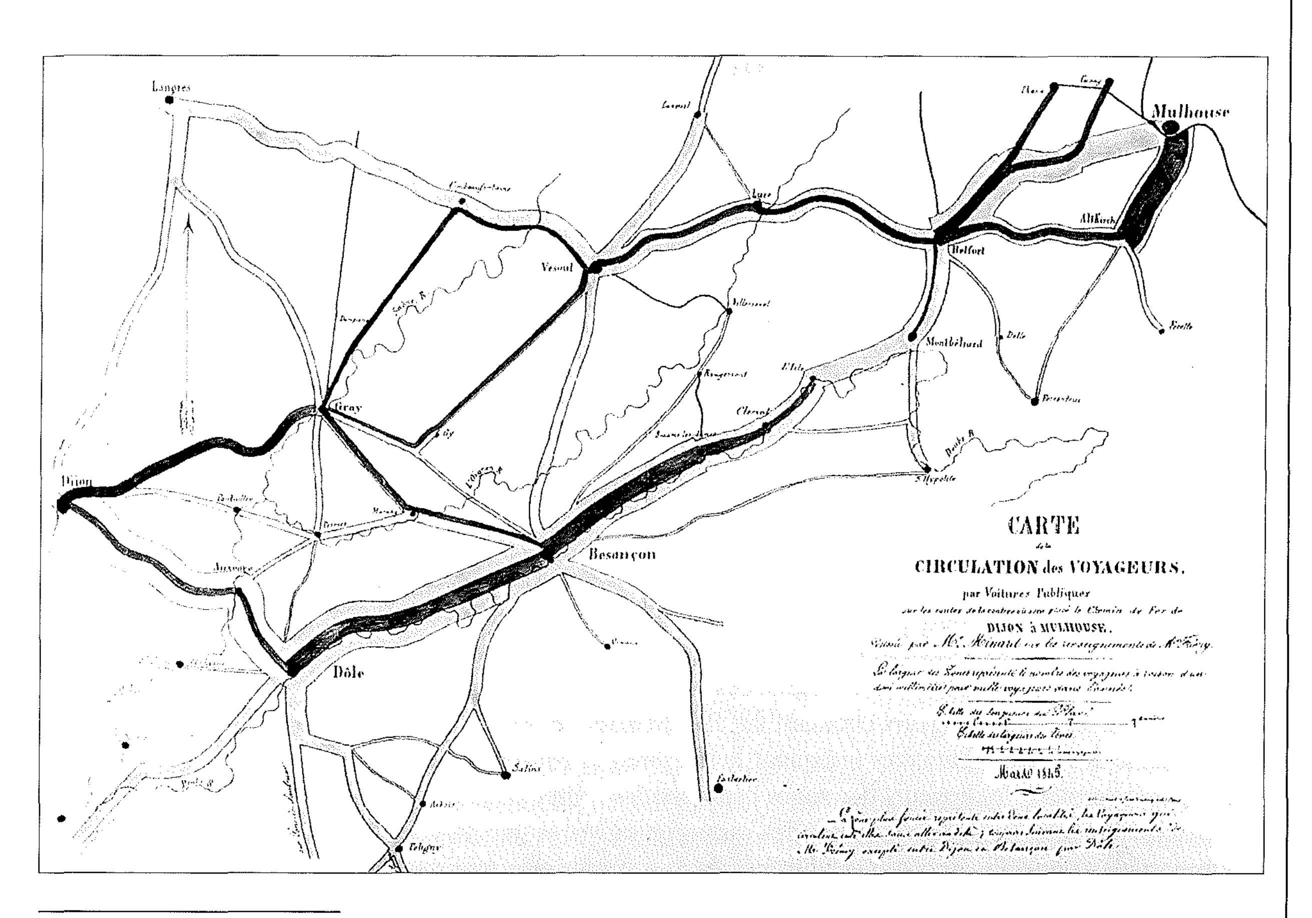


Fig. 36. C. Minard, *Carte de la circulation des voyageurs par voitures publiques sur les routes de la contrée où sera placé le chemin de fer de Dijon à Mulhouse*, 1845. (Col. et cliché E.N.P.C.)

toutes les sections de rectangles de même couleur avaient été alignées sur une même base.

Ces quelques imperfections ont-elles joué un rôle dans le passage du diagramme à la carte ? On peut le penser, dans la mesure où ces expériences des années 1840 ne seront plus reconduites lorsque Minard maîtrisera l'expression cartographique des mouvements de la circulation. En fait, les principaux éléments constitutifs de la ligne de flux sont déjà présents dans ces « tableaux graphiques ». Il s'agit tout d'abord de l'appréciation de l'importance économique de chaque section des voies de communication par une variation de taille, qui seule permet une perception quantitative. D'autre part, des variables sélectives, valeur ou couleur, permettent la distinction de quantités partielles, correspondant ici aux différents produits de l'échange ou aux types de parcours des voyageurs. Enfin, Minard délimite *à l'échelle* la longueur des trajets empruntés. La localisation géographique, qui n'était auparavant qu'une partie invariante de l'information, dans les diagrammes de Playfair ou Humboldt (graphique ou courbe pour tel ou tel pays) devient ici l'un de ses concepts de variation. C'est ce point précis qui semble ouvrir la voie à une cartographie : la composante géographique est encore construite suivant une droite, l'axe des abscisses, et le procédé du diagramme ne permet pas d'introduire l'information relative aux marchandises et aux voyageurs dans le système de la référence topographique universelle,

mais le passage de cette droite au véritable tracé des voies de communication peut paraître très proche.

L'INVENTION DU FLUX

C'est en mars 1845 que Minard effectue le passage à la cartographie, avec la *Carte de la circulation des voyageurs par voitures publiques sur les routes de la contrée ou sera placé le chemin de fer de Dijon à Mulhouse* (figure 36). Pour les statisticiens, nous l'avons vu, la cartographie ne se distingue pas véritablement des autres moyens graphiques. L'auteur considère cette première carte de flux comme une simple extension du procédé du diagramme : « dans cette année [1845], appliquant différemment le même système j'étais arrivé aux cartes figuratives dans lesquelles les rectangles des tableaux graphiques sont remplacés par des zones teintées qui suivent le plan des voies de transport et dont les largeurs sont proportionnelles à la population[52]. »

La carte statistique a ceci de particulier que, jusque vers 1880, elle apparaît toujours comme une nouveauté, par méconnaissance des travaux antérieurs. Minard ne doute pas de la primauté de ses réalisations, et particulièrement de son heureuse idée de 1845 : « J'ai imaginé des tableaux graphiques représentant les nombres de voyageurs circulant sur les chemins de fer [...]. J'ai aussi imaginé des cartes figuratives indiquant le nombre des voyageurs passant sur les routes par les largeurs des zones coloriées des routes [...]. Donnant extension à mon procédé, j'ai dressé des cartes figuratives et statistiques de l'importation annuelle du coton en Europe, etc.[53] ». À plusieurs reprises, Minard s'attribue la paternité du procédé, et se félicite ainsi « d'avoir donné l'essor et d'avoir largement contribué[54] » à cet accroissement de la richesse statistique qu'il remarque dans les années 1860. Cette revendication insistante tient en fait à une indécision relative : un ingénieur belge des Ponts et Chaussées, Alphonse Belpaire, publie en 1847 deux cartes du mouvement des transports en Belgique, pour les années 1834 et 1844[55] et indique dans la notice qui les accompagne : « nous avons publié, il y a deux ans environ, une carte des transports par terre en Belgique, dans laquelle nous avions essayé d'indiquer, d'une manière sensible à l'œil, la quantité des transports d'hommes et de choses qui s'effectuait dans notre pays, soit sur les chemins de fer, soit sur les routes ordinaires[56]. » Cette carte n'ayant pas été conservée, et ne pouvant être datée précisément, la question de l'antériorité peut paraître discutable. Minard, qui connaît la brochure de Belpaire et ses deux cartes de 1847, indique d'ailleurs : « En admettant l'assertion de Belpaire, les deux inventions auraient surgi en même temps en Belgique et en France[57] ». Belpaire et Minard sont étonnamment proches sur le plan du discours sur la valeur de l'image (Belpaire estime ainsi que « les chiffres ne parlent pas aux yeux », tandis que la carte statistique « s'adresse à l'esprit par l'intermédiaire des yeux ») ou des conceptions en matière d'économie politique, le mouvement des transports constituant, pour tous deux, un indice majeur du développement d'une société. Ils empruntent cependant des modes graphiques assez différents, comme nous le verrons plus loin, ce qui conforte l'hypothèse d'inventions simultanées. Leur débat est de toutes façons sans objet : on sait

52. Ibid., *p. 3.*

53. *C.J. Minard, 1869, p. 8-9.*

54. Ibid., *p. 9.*

55. *A. Belpaire,* Cartes du mouvement des transports en Belgique, *n° 1, année 1834 ; n° 2, année 1844, Bruxelles, 1847.*

56. *A. Belpaire,* Notice sur les cartes du mouvement des transports en Belgique, *Bruxelles, 1847.*

57. *C.J. Minard, 1861, p. 6.*

aujourd'hui que la première application cartographique du système des flux est l'œuvre de l'ingénieur anglais Harness : la « *flow line* » apparaît dans deux cartes de l'*Atlas to Accompany the Second Report of the Railway Commissioners* de 1838. Que Minard ait pu avoir connaissance des travaux de Harness lors de ses voyages d'étude en Grande-Bretagne est une question qui demeure en suspens. Comme dans le cas des cartes teintées, remarquons comme le fait Konvitz : « idées et innovations étaient rapidement diffusées parmi les nations occidentales et à diverses reprises, des innovations pratiquement identiques ont vu le jour dans plusieurs pays à peu près à la même époque[58]. » Les problèmes de filiation des innovations graphiques s'effacent derrière l'idée de l'influence d'une « conjoncture » internationale (économique, sociale, scientifique), frappante dans le cas du procédé du flux, puisqu'il est créé en France et en Belgique par deux ingénieurs des Ponts et Chaussées, tandis que Harness, lui-même « *railway engineer* », les avait précédés avec une avance qui reflète la priorité de la révolution industrielle britannique.

58. *J. Konvitz, 1981, p. 96.*

Le système graphique de Minard

L'EXPRESSION DES FLUX

La cartographie des flux peut être envisagée dans une certaine mesure comme l'héritière des cartes para-thématiques des réseaux de communication des XVIIe et XVIIIe siècles : ainsi les routes étaient déjà soumises à des variations graphiques, épaisseur ou forme des tracés, en vue d'une classification selon leur viabilité[59]. De même, le mouvement des marchandises et des voyageurs a été précédé par l'expression des mouvements de troupes : les « cartes de guerre[60] » décrivaient les manœuvres et trajets des armées, le plus souvent selon le système de la trace et du sens d'un mobile : un rectangle conventionnel représentant les différentes unités, une ligne fléchée leurs itinéraires[61]. Cependant, avec le système que popularise Minard, connotation topographique et connotation chronologique s'effacent : le dessin du réseau n'est plus que le support axial d'une représentation abstraite, tandis que le temps, condition essentielle de l'intelligibilité de l'information « mouvements de troupes relatifs », n'intervient qu'en tant qu'unité permettant la totalisation des quantités économiques. Les « zônes teintées » (sic) construites par deux traits parallèles d'écartement proportionnel aux quantités considérées, sont construites par Minard pour plusieurs dizaines de cartes. Vecteurs privilégiés du calcul visuel que recherche l'auteur, elles constituent la première systématisation de l'emploi de la variable taille pour exprimer des statistiques. L'adéquation ainsi obtenue entre l'information et les moyens graphiques est alors très nouvelle, et quelque évidente que puisse nous apparaître la méthode de la zone teintée, celle-ci traduit la prise de conscience d'une règle fondamentale de la graphique qui demeure négligée dans certaines travaux cartographiques parmi les plus récents.

La *Carte figurative de l'exportation de la houille anglaise de 1850* (figure 37) ou la *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les princi-*

59. *Voir en première partie. Voir aussi J. Konvitz, 1980, p. 311.*

60. *Nous traduisons l'expression* « war maps » *appliquée par H.G. Fordham au type de cartes que nous évoquons ici (H.G. Fordham, 1921, p. 30).*

61. *De nombreuses cartes du Dépôt Général de la Guerre, dessinées sous le Consulat et l'Empire, appliquent ce procédé.*

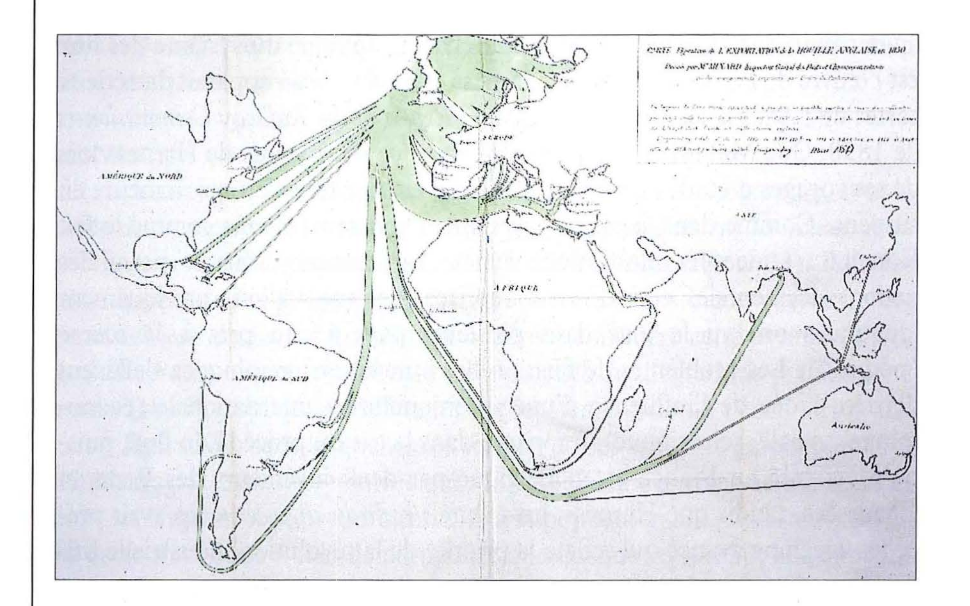


Fig. 37. C. Minard, *Carte figurative de l'exportation de la houille anglaise en 1850*, 1854. (Col. et cliché E.N.P.C.)

Fig. 38. C. Minard, *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1862*, 1865. (Col. et cliché E.N.P.C.)

A. Belpaire, *Carte du mouvement des transports en Belgique, n° 1 : année 1834*, 1847 (?).
L'échelle est de 0,5 mm d'épaisseur pour « une unité de transport », soit 10 000 tonneaux de grosses marchandises, 5 000 tonneaux de bagages ou articles de messagerie, ou 30 000 voyageurs.

C. Minard *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1862*, 1865.
L'épaisseur du flux reste constante par section.
L'échelle est ici de 2 mm pour 100 000 voyageurs.

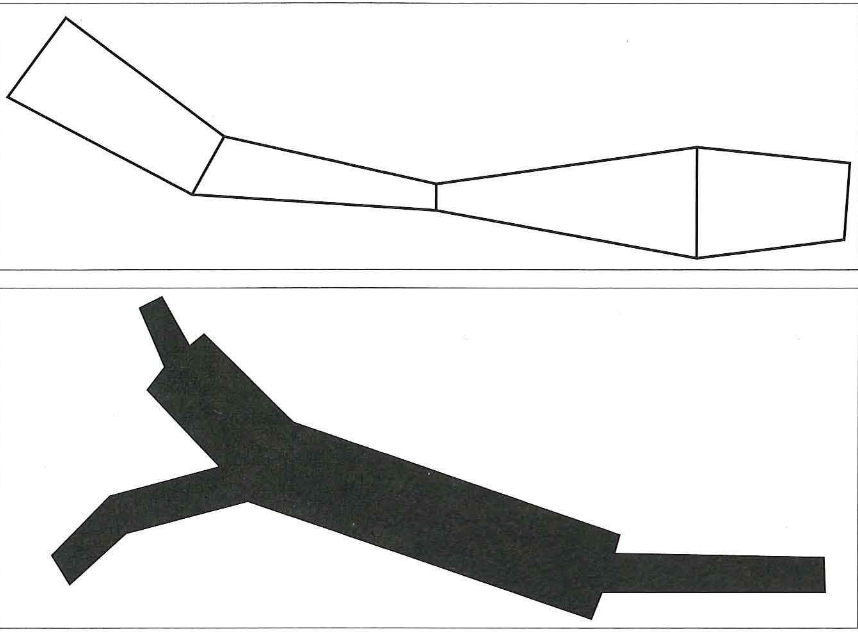


Fig. 39. La ligne de flux chez A. Belpaire et C. Minard.

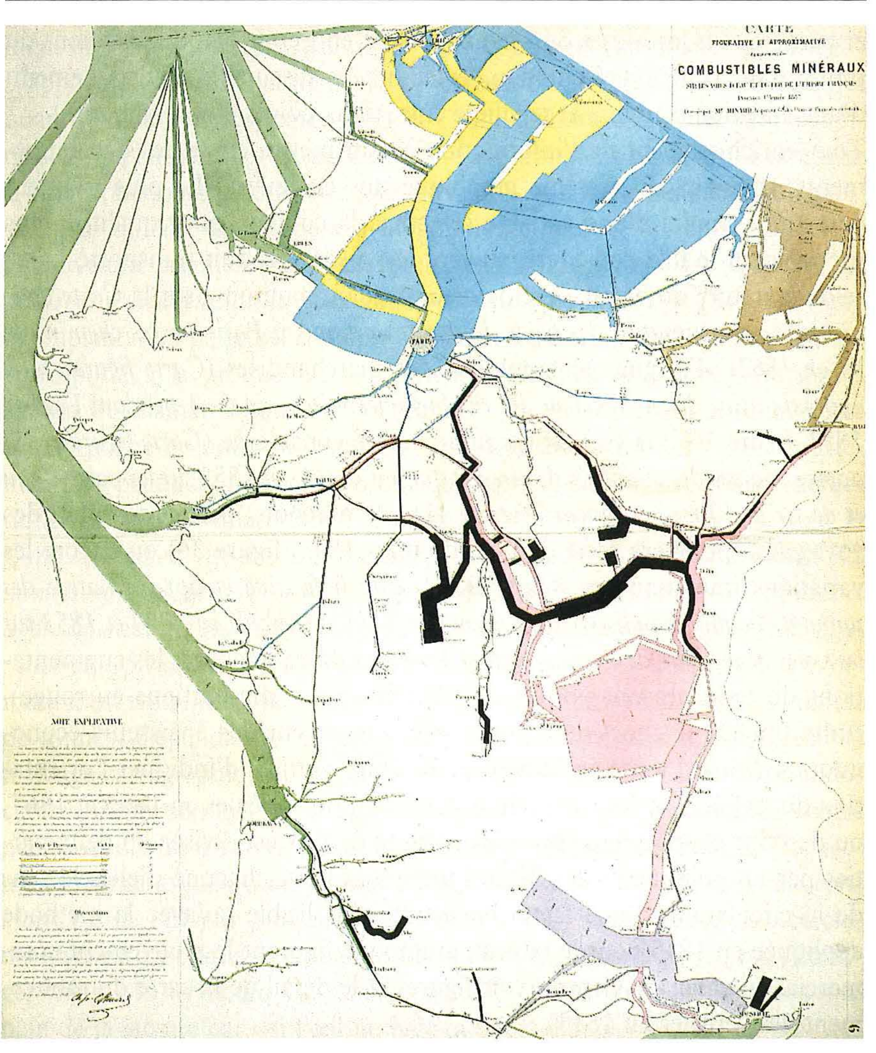


Fig. 40. C. Minard, *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux... pendant l'année 1857*, 1858. (Col. et cliché E.N.P.C.)

paux chemins de fer de l'Europe en 1862 (figure 38) fournissent l'image la plus simple de la solution imaginée par Minard : le flux est traduit par une zone de couleur ou de noir, qui apparaît, suivant la nature de la voie de communication, sous la forme d'un ensemble de rubans incurvés (routes maritimes), ou d'une série de sections rectilignes (chemins de fer). Mais l'épaisseur du flux demeure constante pour chaque section du réseau considéré (sections théoriques dans le cas des routes maritimes) : le flux s'interrompt ou se divise aux différents points de rupture de charge, ou de divergence du trafic maritime. Remarquons qu'il ne s'agit pas de l'unique solution envisagée dans la cartographie statistique de l'époque : en 1847, dans les cartes de l'ingénieur Belpaire, les zones se présentent sous forme de trapèzes dont les bases sont obtenues par la représentation proportionnelle de la « quantité des transports de toute espèce » (0,5 mm = 1 unité de transport) observée aux points de péage et barrières (figure 39). Belpaire ne reproduit le procédé de Minard que pour les chemins de fer (qui n'apparaissent que sur la seconde carte du mouvement des transports en Belgique, pour l'année 1844) : les données chiffrées sont alors connues de ville en ville, et le trafic peut être tenu pour constant par section ; en revanche, les péages et barrières sur les routes ou canaux ne sont en rien le lieu de variations du trafic, d'où cette représentation, évidemment discutable statistiquement, d'une variation continue et régulière entre deux points d'observation.
Tout enrichissement de l'information à transmettre exige des développements originaux du système graphique mis en œuvre. Le plus fréquent demeure l'emploi d'une variable sélective, la couleur, pour qualifier plus précisément le flux considéré, suivant le type de produit transporté (ainsi selon la nature du bétail – bœuf, veau, porc ou mouton – sur la *Carte figurative et approximative des poids des bestiaux venus à Paris sur les chemins de fer en 1862*) ; l'origine géographique des marchandises (*Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux (...) pendant l'année 1857*, figure 40) ; la voie de communication considérée (*Carte figurative et approximative des quantités de céréales qui ont circulé en 1853 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, figure 41) ; le parcours, partiel ou total, des voyageurs (première carte de flux, de mars 1845, figure 36) ou encore les variations interannuelles des trafics (*Carte figurative et approximative des tonnages de marchandises (flottage compris) qui ont circulé en 1850 et 1853 sur les voies navigables de France* : entre les deux dates retenues, les augmentations du tonnage sont portées en bleu foncé, les diminutions en rouge). Enfin, malgré le choix de représentation en faveur des épaisseurs économiques, Minard tente également à plusieurs reprises d'indiquer l'orientation du trafic. Avec les cartes du mouvement des céréales en 1853 et 1867, ou des vins et spiritueux en 1857, la ligne de flux est divisée en deux parties par un pointillé et des flèches indiquent pour chacune d'elles le sens de la circulation, d'une façon beaucoup plus lisible qu'avec la méthode appliquée en 1845 pour le tableau graphique figurant le mouvement commercial du canal du Centre (voir figure 42 le détail de la carte du mouvement des céréales en 1853).

LES AUTRES PROCÉDÉS GRAPHIQUES

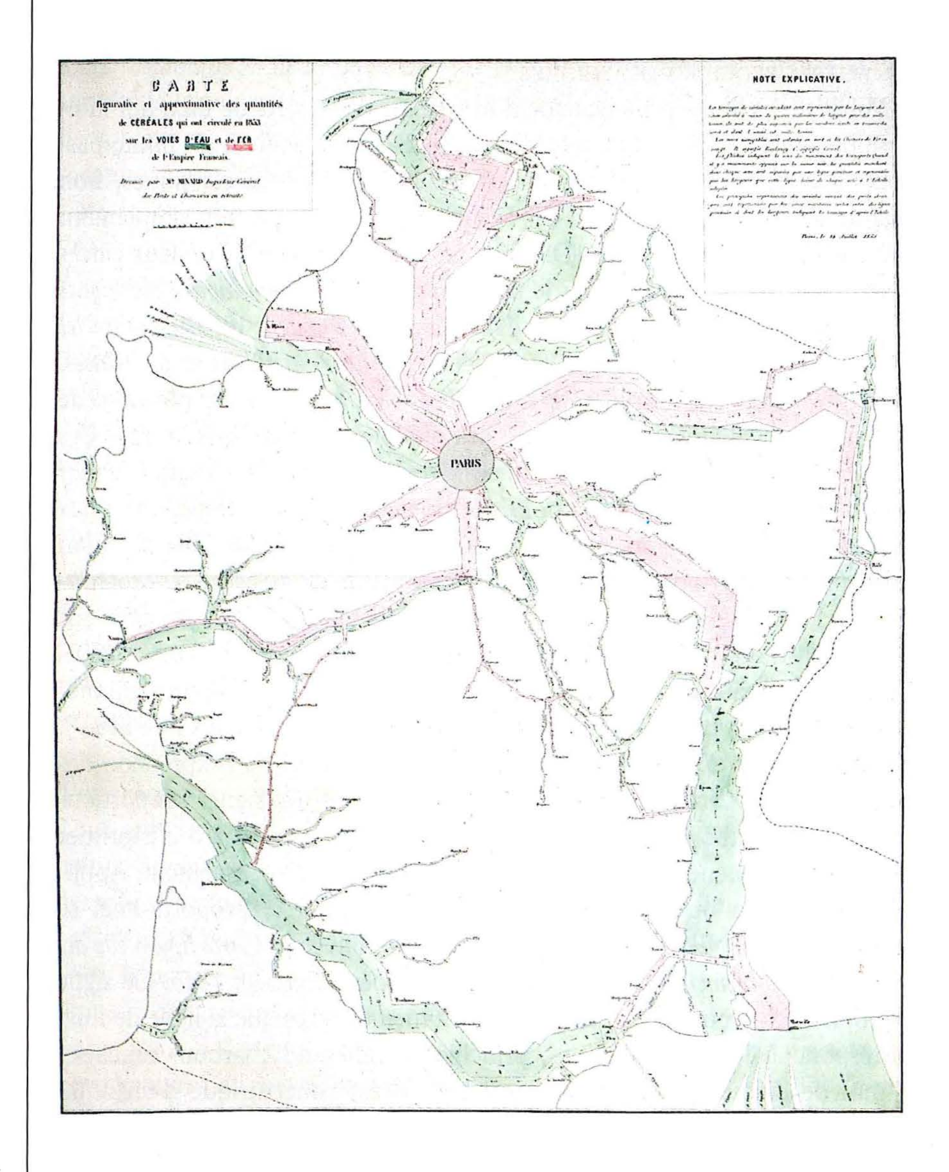
Si Minard développe principalement le système de la carte de flux, qui intéresse plus des quatre cinquièmes de ses représentations, il ne s'y limite pas. Tout d'abord, on relève dans son œuvre quelques cartes classiques, non quantitatives, qui illustrent soit des événements historiques, soit simplement une information différentielle. Dans le premier cas, on peut citer deux cartes de guerre de 1865, réunies sous le titre : *Similitude des dispositions stratégiques de Charlemagne et de Napoléon Ier. L'un dans sa campagne de 791 contre les Huns, l'autre dans sa campagne en 1805 contre les Autrichiens et les Russes.* Minard y inscrit les mouvements des armées selon deux phases : positions de départ en tiretés, positions d'arrivée en traits pleins, et indique la trace des déplacements par des lignes pointillées. Vers 1867 encore, il emploie des lignes fléchées pour sa *Carte figurative des mouvements des langues anciennes avant l'ère moderne.* Selon un autre procédé usuel, issu de la différenciation des espaces topographiques, Minard construit quelques cartes chorochromatiques, dans lesquelles la disposition de taches de couleur renseigne sur l'extension d'un phénomène : les régions françaises importatrices de combustibles minéraux depuis différents pays étrangers[62], l'aire d'approvisionnement de Paris en produits animaux[63], ou les régions cotonnières de l'Inde[64]. L'apport le plus original demeure cependant du ressort de l'expression des quantités : huit cartes, entre 1851 et 1866, utilisant des signes proportionnels en implantation ponctuelle ou zonale, permettent à Minard d'exprimer d'autres phénomènes économiques, ainsi que les faits de peuplement. Appliqué par Bollain ou Harness à la population, le cercle proportionnel se retrouve une première fois chez Minard en 1851, avec sa *Carte figurative des principaux mouvements des combustibles minéraux en France en 1845.* Ce signe en implantation ponctuelle, employé ici en même temps que la ligne de flux, correspond à la production des principales mines de charbon françaises (3 mm de diamètre pour 10 000 tonnes). Il est concentrique d'un autre cercle, poché de noir, qui traduit la consommation des différents départements de production, faisant en quelque sorte apparaître leur bilan énergétique. En 1852, Minard étend le procédé aux tonnages portuaires, pour la *Carte de l'importance des ports maritimes de France mesurée par les tonnages des navires entrés et sortis en 1850*[65]. Suivent en 1859 et 1863 la *Carte figurative et approximative des grands ports et principales rivières d'Europe*, puis la *Carte figurative et approximative des grands ports du globe.* Pour ces trois cartes, l'information est restreinte à la seule composante quantitative : le trafic en milliers de tonnes. Cependant, vers cette même période, Minard a pu enrichir le message cartographique d'une composante différentielle, par la division des cercles proportionnels en « secteurs », parties de leur surface comprises entre deux rayons, qu'il colorie selon l'espèce des quantités considérées. Le secteur apparaît avec la *Carte figurative et approximative de l'importance des ports maritimes de l'Empire français,* dessinée en 1859 : pour chacun des cercles dessinés est distingué le type de trafic, cabotage ou commerce avec l'étranger (figure 43). Minard voit dans cette solution un appréciable gain sur le plan de la lecture car « si l'œil ne juge que fort difficilement du rapport des

62. Carte approximative de l'étendue des marchés des houilles et cokes étrangers dans l'Empire français en 1858, *17 juin 1861.*

63. Carte de l'étendue des marchés des bœufs expédiés à Paris en 1828 et 1862 *(carton de la* Carte figurative et approximative des bestiaux venus sur les chemins de fer en 1862, *20 avril 1864).*

64. Carte cotonnière de l'Inde *(carton de la* Carte figurative et approximative des quantités de coton brut importées en Europe en 1858 et en 1864, *Paris, 24 avril 1865).*

65. *Il s'agit, pour cette première carte, des tonnages de jauge. Les suivantes s'appuient sur les tonnages réels, d'après les statistiques de l'administration des douanes.*



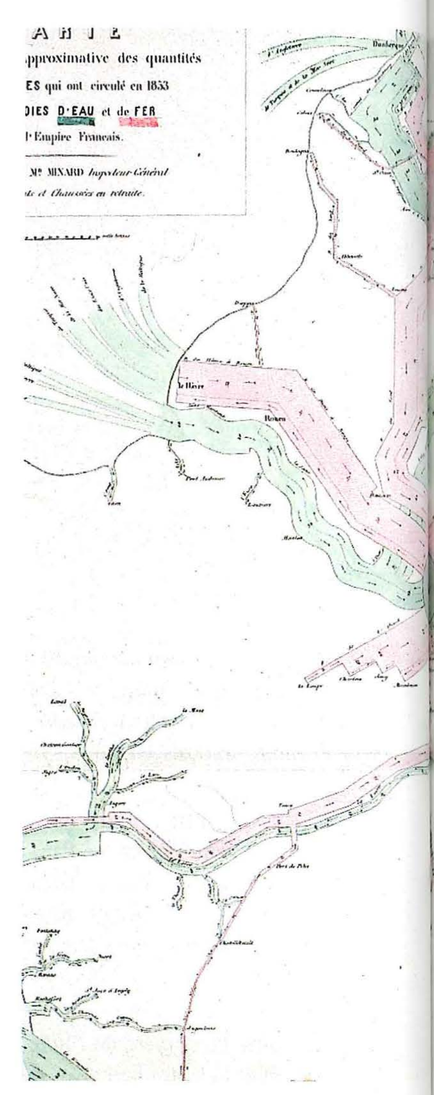


Fig. 41. C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de céréales qui ont circulé en 1853...*, 1855. (Col. et cliché E.N.P.C.)

surfaces des deux cercles, il n'en est pas de même, écrit-il, des secteurs d'un même cercle, on voit assez approximativement si un secteur est, par exemple, le 1/4 ou le 1/10 d'un cercle. D'après cette observation, j'ai pensé que l'inspection des secteurs ferait mieux apprécier, pour chaque port, la proportion des deux espèces de commerce que ne l'eussent fait les chiffres[66]. » Cette construction circulaire n'est qu'une simple variante du diagramme rectangulaire divisé en sections, obtenue par incurvation. Pourtant, chaque partie se définit avec plus de précision, par son arc de cercle et son angle au centre, plus facilement perceptible et mémorisable[67].

La ligne ou le point peuvent varier de surface pour traduire une composante quantitative, sans préjudice pour la lecture : lignes et points sont conventionnels, et symbolisent en fait une position sans surface ; la signification positionnelle se rapporte naturellement au centre du point ou à l'axe de la ligne. Mais « les zones ne peuvent varier de taille sans varier en position.

66. Carte figurative et approximative de l'importance des ports maritimes de l'Empire français..., *15 janvier 1859, observations.*

67. *Voir J. Bertin, 1973, p. 55.*

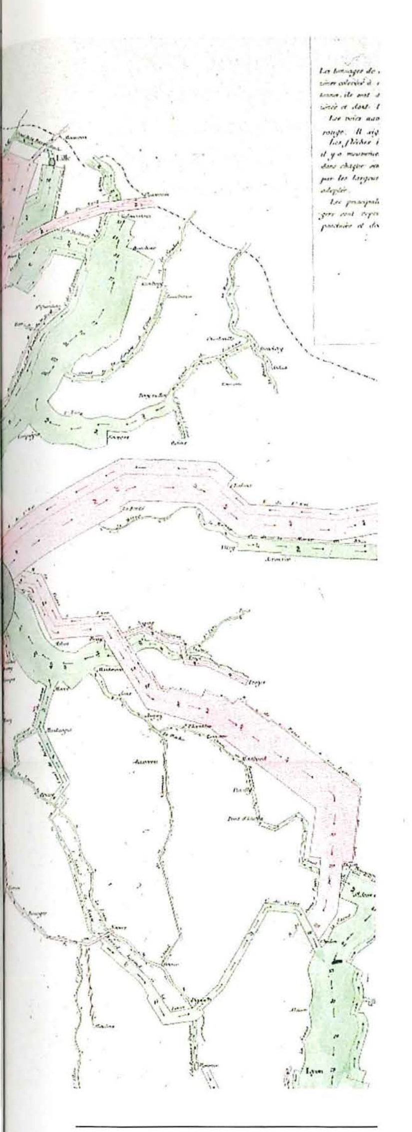


Fig. 42. C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de céréales qui ont circulé en 1853...*, 1855, détail. (Col. et cliché E.N.P.C.)

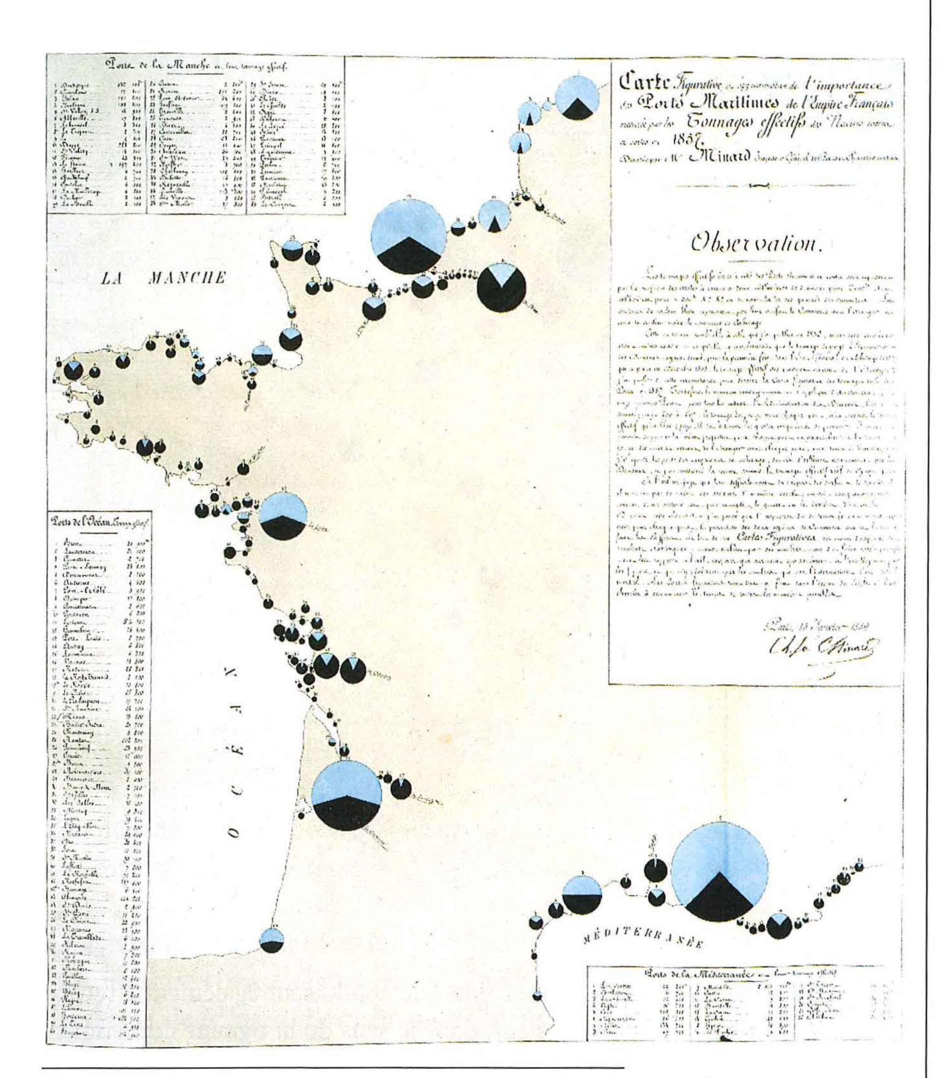


Fig. 43. C. Minard, *Carte figurative et approximative de l'importance des ports maritimes de l'Empire français*, 1859. (Col. et cliché E.N.P.C.)

Pour leur affecter une variation quantitative en troisième dimension, il est nécessaire de remplir leur espace de points ou de lignes qui supporteront cette variation [68] ». Aux réponses graphiques déjà apportées par Bollain ou Frère de Montizon, Minard ajoute naturellement la formule des figures géométriques proportionnelles dispersées dans l'espace géographique, selon les divisions administratives : sa *Carte figurative relative au choix de l'emplacement d'un nouvel hôtel des postes à Paris*, de 1865, signale la population de chaque quartier de la capitale par un carré noir. La *Carte figurative et approximative des quantités de viandes de boucherie envoyées sur pied par les départements et consommées à Paris* (figure 44) réalisée en 1858, est construite à l'aide de cercles divisés en secteurs selon la nature du bétail expédié, qualifiant chaque département de l'aire d'approvisionnement parisienne.

68. Ibid., *p. 285.*

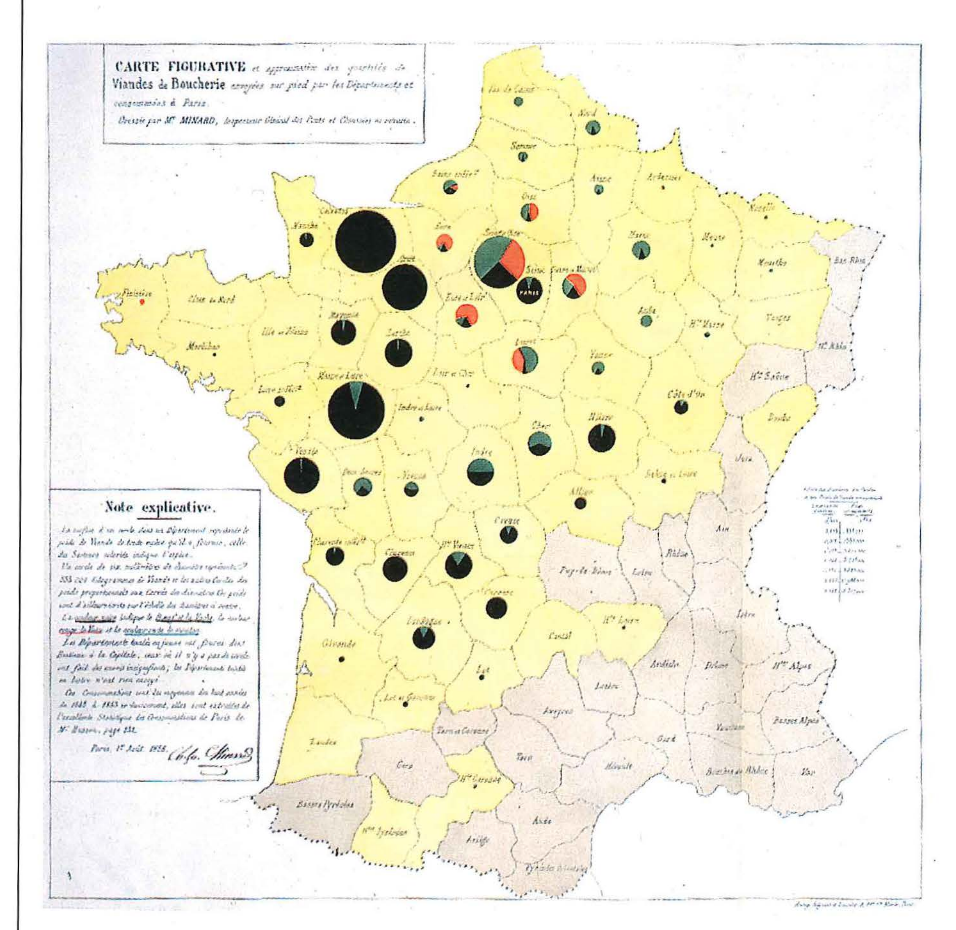


Fig. 44. C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de viandes de boucherie envoyées sur pied par les départements et consommées à Paris*, 1858. (Col. et cliché E.N.P.C.)

Les préoccupations statistiques de Minard le conduisent également à retoucher le système des paliers de valeur, dans le sens de la rigueur numérique. Nous avons mentionné en introduction les critiques formulées par Minard envers ce procédé, en 1869. C'est en fait dès 1866 dans la *Carte figurative et approximative des populations spécifiques des provinces d'Espagne*, qu'est appliquée une variante subtile de la carte choroplèthe : « Les populations spécifiques sont représentées par le système ingénieux des teintes plus ou moins foncées de Mr le Baron Dupin. Mais ce plus ou moins est arbitraire, c'est un inconvénient. Je l'évite en formant les teintes comme le font les graveurs, par des lignes parallèles équidistantes et je leur donne des distances en rapport avec le fait que l'on veut représenter. Par ce procédé nouveau l'intensité des teintes est déterminée graphiquement[69] » (figure 45). Les lignes dénombrées dans l'intervalle de un centimètre sur la carte signifient ainsi le nombre de fois ou « 5 habitants au kilomètre carré » sont contenus dans la donnée de densité (Exemple : 3 lignes dans l'intervalle de 1 cm donnent une densité de 15 habitants/km^2). Le concept essentiel du « calcul par l'œil », n'est donc pas sacrifié dans cette représentation, unique dans l'œuvre de Minard, de données relatives, malgré le modèle privilégié (et imposé en dernier ressort) par la tradition cartographique. Si l'analogie avec le quadrillage imaginé par Bollain est évidente, les motivations sont exprimées ici plus nettement. Sans que

69. Carte figurative et approximative des populations spécifiques des provinces d'Espagne, *11 janvier 1866, explications.*

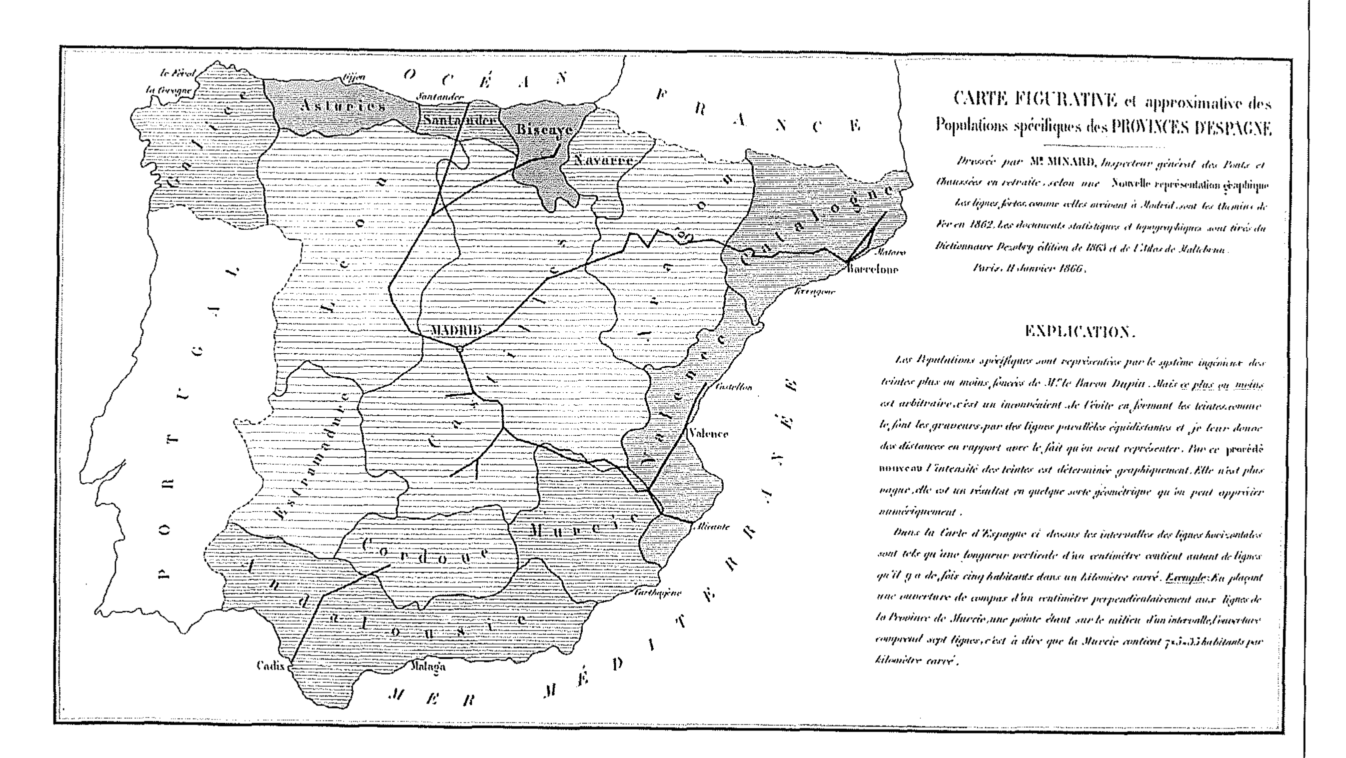


Fig. 45. C. Minard, *Carte des populations spécifiques des provinces d'Espagne*, 1866. (Col. et cliché E.N.P.C.)

l'on puisse l'exclure, il reste d'ailleurs peu probable que Minard ait eu accès à la carte de son prédécesseur.

LE THÉMATISME CHEZ MINARD : DES IMAGES AUX FIGURATIONS

L'expression « carte figurative et approximative » éclaire le sens de la démarche de Minard. Le thématisme, dans son œuvre, s'exprime à travers ces deux adjectifs. L'approximation est statistique : elle est le sacrifice de l'exactitude numérique au profit de la cohérence de l'image. Les statistiques, extraites ou non d'ouvrages officiels, sont souvent approchées ou incomplètes : dans la *Carte du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1862* (figure 38) les flux de voyageurs sont, pour plusieurs États, calculés en divisant le total voyageurs par le total kilométrique du réseau considéré. De même, certains chemins de fer sont omis, ayant « des zones trop larges pour être placées sur la carte », ainsi les lignes de Paris à Versailles, à Vincennes, à Saint-Germain, ou le North London. Toute représentation matérielle des statistiques entraîne d'ailleurs une erreur graphique, produite tant par le dessinateur que par le lecteur. C'est sans doute pourquoi Minard ajoute à ses cartes, le long des lignes de flux, les informations numériques du « tableau de chiffres ». Les figurés eux-mêmes ont pour seul objet de permettre la perception de proportions globales : « le but de mes cartes figuratives est moins d'exposer des résultats statistiques, mieux établis par des nombres, que d'en faire saisir promptement les rapports à l'œil, rapports qui arrivent spontanément à l'intelligence par les figures et qui n'y pénètrent par les nombres que par l'intermédiaire d'un calcul mental[70] ».

70. Carte figurative et approximative de l'importance des ports maritimes de l'Empire français..., *15 janvier 1859, observations.*

La carte figurative (terme qu'employait déjà le baron Dupin) s'entend bien sûr comme représentation graphique des statistiques, en vue d'exploiter la supériorité et l'immédiateté de l'appréhension visuelle ; mais cette figuration est corrélative du sacrifice de l'exactitude géographique. Thématiques, les cartes de Minard disposent d'un fond topographique très dépouillé, le plus souvent limité aux villes et aux frontières, auxquelles s'ajoute parfois le plan des réseaux (ainsi les « chemins de fer exécutés ou projetés », sur l'*Embranchement de Grenoble, aperçu de la circulation actuelle des voyageurs dans les voitures publics* (sic), janvier 1846). Les échelles ne sont jamais indiquées, à l'exception de celles des « zones teintées » ou des cercles proportionnels. Ce fond topographique est étroitement subordonné à l'extension du thème cartographié : ainsi il s'étend ou se contracte en fonction des flux considérés, comme on peut le constater à partir de la série de cartes réalisées pour illustrer le mouvement des marchandises sur les voies navigables et les chemins de fer français pour les années 1850, 1853, et 1855 à 1862 (huit cartes au total). L'ensemble de l'ouest armoricain, omis dans les premières versions, apparaît au fur et à mesure que les données numériques se complètent : la carte est augmentée de la presqu'île du Cotentin, pour 1858, puis de la Bretagne en 1861, avec la prise en compte du canal de Nantes à Brest.
Les plus spectaculaires effets figuratifs proviennent toutefois des importantes déformations géographiques de la plupart des cartes de Minard[71]. Certaines résultent d'une recherche de l'unicité de l'image, en vue de faciliter la perception, ainsi qu'il l'indique à plusieurs reprises en légende : « le principal but de la carte étant de faire apprécier à l'œil les tonnages par les largeurs des zones, j'ai dû sacrifier l'exactitude géographique à l'emplacement de ces zones[72] », ou encore : « pour pouvoir placer les zones sans trop agrandir la carte, ce qui eut empêché de l'embrasser d'un seul coup d'œil, avantage du système des cartes figuratives, j'ai dû beaucoup altérer les proportions géographiques et omettre l'Irlande et l'Écosse[73] ». À cette nécessité de tout faire tenir en un même cartouche, s'ajoute l'absence de réponse graphique au problème du chevauchement des figurés : lorsque l'épaisseur d'un flux est supérieure à l'espace géographique disponible à l'échelle, cet espace est arbitrairement agrandi : les détroits s'écartent, les estuaires s'évasent, les territoires se distendent. L'ensemble de ces altérations peut être illustré par les cartes des importations européennes de coton en 1858 et 1862 (figures 46 et 47) où les États-Unis sont réduits à une façade maritime quasi rectiligne, l'Angleterre est surdimensionnée, l'Afrique comprimée en latitude, tandis que Gibraltar ou le Sund s'élargissent pour laisser passer les flux de coton !
Les cartes par cercles proportionnels aboutissent aux mêmes déformations : ces signes peuvent théoriquement se chevaucher, puisque, conventionnels, ils se rapportent à des points : les centres des figures construites. D'ailleurs, le lecteur peut facilement reconstruire mentalement l'intégralité d'un cercle à partir d'une fraction de sa circonférence. Pourtant, Minard ne fait que les juxtaposer, ce qui entraîne l'exagération de la région des grands lacs ou de l'Angleterre lorsqu'il cartographie les tonnages des principaux ports du

71. *Par suite d'un contresens, Robinson considère à tort que l'expression « carte approximative » se rapporte aux distorsions géographiques.* Cf. *A.H. Robinson, 1967, p. 104.*

72. Carte (...) du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1856, *16 mars 1858, observations.*

73. Carte (...) du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1862, 2 octobre 1865, *observations.*

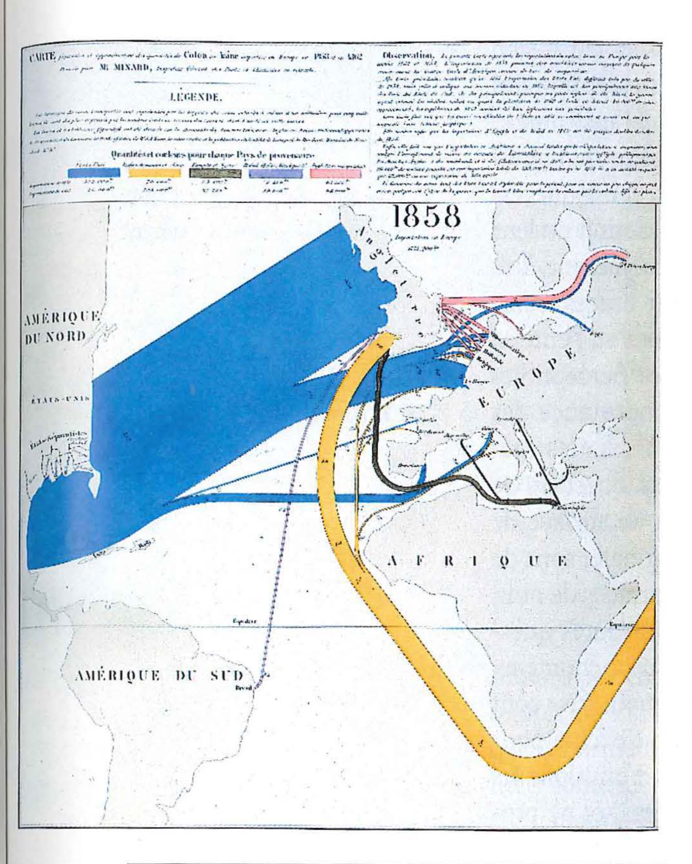


Fig. 46. C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et en 1862 (1re carte, 1858)*, 1863. (Col. et cliché E.N.P.C.)

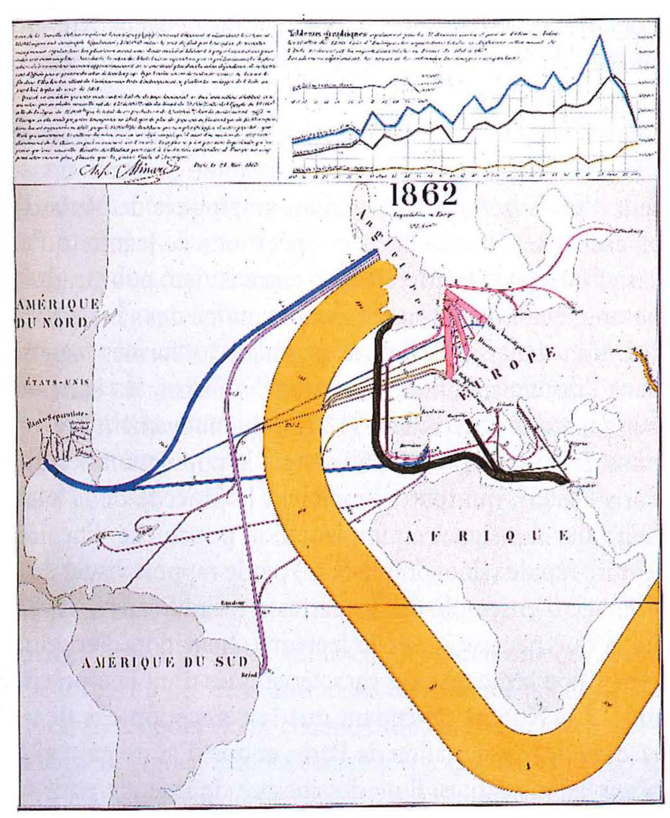


Fig. 47. C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et en 1862 (2e carte, 1862)*, 1863. (Col. et cliché E.N.P.C.)

monde[74], et en règle générale, toutes sortes de glissements topographiques, malgré de louables efforts d'exactitude : « on a cherché à placer les cercles *le plus près possible* de la position géographique des ports qu'ils représentent[75]. » Cette pratique confère curieusement à ces signes abstraits d'ultimes formes de matérialité, puisque Minard exclut qu'un flux maritime puisse recouvrir un espace terrestre, qu'un flux terrestre morde sur le domaine marin, ou que deux cercles recouvrent un même espace. Les formes fictives de la troisième dimension visuelle conservent les conventions de la cartographie en deux dimensions, des objets visibles et tangibles. Malgré sa modernité, la cartographie statistique de Minard relève donc encore, par certains aspects, des habitudes perceptives antérieures. Toutefois, par l'outrance même de leurs déformations, les cartes de Minard sont l'indice d'un esprit thématique irréductible à la cartographie classique, que prolongeront en fin de siècle certaines anamorphoses géographiques. Les cartes figuratives constituent en quelque sorte les premières expressions de la généralisation cartographique[76], en contradiction totale avec une évolution cartographique marquée par la recherche de la plus grande précision géographique.

74. Carte (...) des grands ports du globe, *14 septembre 1863.*

75. Carte de l'importance des ports maritimes de France mesurée par les tonnages des navires entrés et sortis en 1850, *16 avril 1852, observations.*

76. *D'après R. Cuénin (1972, p. 168), la généralisation se définit comme « l'opération qui, par séléction, schématisation, harmonisation, reconstitue sur une carte la réalité de la surface représentée dans ses traits essentiels en fonction du but de la carte, de son thème, de son échelle et des particularités de la région à cartographier. »*

Lorsque Minard affirme que ses cartes peuvent être embrassées d'un seul coup d'œil, il perpétue le mythe tenace de l'instantanéité de la perception des images. En aucun cas la rétine ne peut être considérée comme l'instrument transcendantal d'une lecture excluant toute activité combinatoire de l'intellect. Le temps est une condition de toute perception visuelle. Il est intéressant d'envisager les constructions graphiques de Minard en fonction de leur efficacité, selon la facilité des opérations de lecture qu'elles requièrent. Les cartes où seule la variable taille entre en jeu, pour traduire une unique composante quantitative, apparaissent comme des « images », au sens où l'entend J. Bertin dans sa *Sémiologie graphique* : « formes significatives perceptibles dans l'instant minimum de vision[77] ». Ainsi, les cartes de l'importance des ports maritimes de France (1852), du mouvement des voyageurs sur les chemins de fer d'Europe (1865) ou de la population des différents quartiers de Paris (1865), qui toutes emploient le procédé de la variation de surface de noir pour des signes en implantation ponctuelle, linéaire ou zonale, sont de lecture rapide (sinon immédiate) par le rapport visuel de ces surfaces de noir. L'image d'ensemble de ces cartes est significative, et répond à toutes questions que peut se poser le lecteur (répartition d'ensemble du phénomène, répartition régionale, ou caractéristiques d'un lieu précis) au moindre « coût mental ». Notons cependant que la perception des densités est exclue pour la carte de la population de Paris, et que d'autre part, si Minard multiplie les observations écrites, il ne dessine pas de légende pour ses cartes, et ne propose donc aucun palier repère pour les signes utilisés qui puisse permettre de relire approximativement les quantités portées sur la carte.

77. *J. Bertin, 1973, p. 142.*

L'efficacité de la *Carte des populations spécifiques des provinces d'Espagne* est moindre, dans la mesure où la variable visuelle utilisée pour traduire l'information quantitative ne constitue pas une variation de surface des signes, mais du nombre d'éléments (ici les lignes). C'est un effet de valeur qui est créé, comme pour la carte par points de Frère de Montizon, et l'œil saisit plus un classement qu'un rapport quantitatif. Mais c'est surtout l'introduction d'une composante différentielle, non ordonnable (nature du flux, ou du trafic...) qui modifie radicalement la perception, et influence le plus profondément l'évolution de la cartographie thématique statistique, en annonçant l'utilisation extensive du *cartogramme*. Une image cartographique se crée sur les deux variables de l'espace géographique et une variable de troisième dimension ordonnée. Lorsque, pour certaines cartes (figures 43 ou 46) la couleur établit des catégories différentes de quantités, la forme d'ensemble de la construction (épaisseur des zones teintées ou surface des cercles) ne témoigne plus que d'une partie de l'information : les seules proportions numériques. L'accès à la totalité de l'information transmise (par exemple : le mode de répartition de telle qualité dans telle proportion[78]) demande la mémorisation, la comparaison, le classement de plusieurs images. Dans le cas des cartes par cercles proportionnels divisés en secteurs, il y a autant d'instants de perception que de diagrammes. La lecture dans le temps minimum s'accommode difficilement de constructions admettant plus d'un concept de variation en sus de la variation géographique. Ce type de

78. *Ainsi, pour la carte de la figure 43 : pour quels ports le cabotage représente-t-il plus de la moitié du trafic ?*

constructions peut être qualifié de *figurations* (constructions en multiples images). Formes de cartes inventaires, elles constituent des représentations exhaustives d'une information complexe.

Cependant, les figurations ne sont pas totalement inefficaces chez Minard : les catégories différentes sont peu nombreuses [79] : elles se résolvent souvent en une alternative (parcours total ou partiel, voie navigable ou chemin de fer, trafic maritime ou de cabotage). Supérieures à deux (dans le cas des flux de combustibles minéraux ou de coton selon *x* origines géographiques, figures 40 et 46) elles demeurent régionalisées, et l'œil peut les isoler sans grande difficulté. Ainsi, bien que la cartographie statistique de Charles Minard gagne en exhaustivité et perde en efficacité visuelle, l'auteur peut encore se réclamer de la supériorité de la graphique sur le tableau de chiffres. Nous verrons qu'il en va tout autrement pour la majorité des cartogrammes réalisés dans le dernier quart du XIXe siècle.

79. *La composante différentielle est dite « courte ».*

La carte comme outil d'analyse

Minard présente rarement l'image de séries arithmétiques indéterminées : l'ensemble de son œuvre concourt à des démonstrations d'économie politique, ce que confirment les observations portées sur chaque carte, ainsi que les explications contenues dans plusieurs brochures. La statistique graphique est d'abord constatation. Elle peut à elle seule faire justice de bien des beaux discours irréalistes. Dès le début des années 1840, des tableaux graphiques démontrent l'importance des parcours partiels dans le trafic voyageurs des grandes lignes de chemins de fer, et invitent à ne pas privilégier les relations entre points extrêmes, notamment transnationales, tandis que « la presse retentit chaque jour des grands mots de communication de la Manche à la Méditerranée, de chemin de fer du Havre à Marseille, de grandes lignes européennes. On a été jusqu'à imprimer « qu'à vrai dire, le chemin de fer de Paris à Marseille n'était qu'une « partie de la grande ligne de Londres à Bombay [80]. » L'attaque envers l'idéalisme saint-simonien semble ici transparente.

80. *C.J. Minard, 1843, p. 41-42.*

Objectiviser les discours et les choix par la seule évidence des répartitions, c'est sans doute l'un des enjeux des cartes de Minard. Ainsi juge-t-il plus rationnel, pour établir une ligne de chemin de fer « de s'instruire sur les mouvements des voyageurs et d'examiner comment ils se [répartissent] sur les grandes lignes qu'ils [fréquentent] [81]. » En mars 1845, sa première carte de flux le démontre, puisqu'elle s'inscrit dans un débat en cours depuis 1841 à propos de la liaison ferroviaire entre Dijon et Mulhouse. Deux options se sont dégagées : un tracé par Besançon et la vallée du Doubs, présenté par l'ingénieur Parandier, et un tracé concurrent étudié par l'ingénieur Legrom, par la Haute-Saône, via Gray, Vesoul et Lure. L'ingénieur en chef Lacordaire, dans un rapport de 1843, s'est montré favorable au trajet par la Haute-Saône (il est, notons-le, député de ce département). En 1844, le Conseil général des ponts et chaussées et la Commission mixte des travaux publics choisissent la vallée du Doubs, mais une commission de la chambre des députés s'y oppose, réclamant le passage du chemin de fer par Villersexel et

81. Ibid., *p. 21. Voir également C.J. Minard, 1846.*

la vallée de l'Ognon. La carte de 1845 se veut un argument en faveur du tracé par le Doubs, fondé, au-delà des intérêts partisans, sur la seule observation du trafic routier, étant entendu que l'auteur considère qu'il faut privilégier les relations existantes. Dans le même esprit, la carte de janvier 1846 : *Embranchement de Grenoble. Aperçu de la circulation actuelle des voyageurs dans les voitures publics* (sic), intervient lors d'un projet précis de travaux publics. Minard utilise encore une démonstration cartographique pour orienter objectivement le choix du site de construction d'un hôtel des postes à Paris[82]. L'appréciation du poids démographique des différents quartiers de la capitale et de l'importance du courrier arrivant annuellement dans les différentes gares, par les carrés proportionnels, est complétée par la localisation des centres de gravité de la population et du courrier, déterminés par la théorie des moments. De ces différents éléments, Minard déduit les positions les plus rationnelles pour le bâtiment en vue de la plus grande rapidité du circuit postal.

Mais l'esquisse de la répartition d'un phénomène doit encore permettre d'avancer des hypothèses, des explications. Minard livre parfois quelques éléments d'interprétation de ses cartes, par exemple lorsqu'il commente les flux de voyageurs dans chaque pays d'Europe en 1862 : il attribue ainsi la forte circulation au nord de l'Italie (figure 38) aux changements politiques : « une ère de liberté dans son commerce et son industrie intérieurs commence[83] ». D'autres aspects de l'échange (des céréales, de la houille – « un élément vital de la civilisation ») sont encore analysés en fonction de l'état du marché, des dépendances économiques[84]. Par ailleurs, l'enrichissement même du message graphique, qui peut conduire à des formes de cartes plurithématiques, permet au lecteur d'établir des corrélations significatives entre les phénomènes. La carte des densités espagnoles (figure 45) qui indique le niveau de peuplement, mais surtout les positions relatives des chemins de fer et des populations éclaire selon Minard la faiblesse du trafic voyageurs : « non seulement cette population spécifique est moindre, mais encore elle est mal placée pour les chemins de fer, ou pour mieux dire ceux-ci sont mal placés pour elle[85]. »

La méthode est d'autant plus efficace qu'aux différentes données mises en relation, Minard affecte le plus souvent des symboles graphiques selon des implantations différentes : linéaire et ponctuelle (flux de combustibles minéraux ; production des principales mines – *Carte figurative des principaux mouvements des combustibles minéraux en France en 1845*), linéaire et zonale (réseau de chemins de fer ; régions cotonnières – *Carte cotonnière de l'Inde*), ce qui assure la sélectivité des éléments à comparer. Ces réponses partielles aux problèmes de l'aménagement s'effacent toutefois derrière l'idée primordiale qui traverse toute cette œuvre cartographique : l'affirmation de la précarité, de l'instabilité des flux, en d'autres termes la notion de dynamisme économique, probablement inspirée de la pensée de Jean-Baptiste Say, auquel Minard emprunte par ailleurs ses convictions libérales. Minard a perçu très tôt ce thème essentiel, affirmant dans le mémoire d'économie politique qu'il publie en 1850[86] : « le commerce, qui en général donne naissance

82. Carte figurative relative au choix de l'emplacement d'un nouvel Hôtel des Postes de Paris, *19 juillet 1865.*

83. *C.J. Minard, 1867, p. 4.*

84. *C.J. Minard, 1868.*

85. *C.J. Minard, 1867, p. 5.*

86. *C.J. Minard, 1850, p. 1-125.*

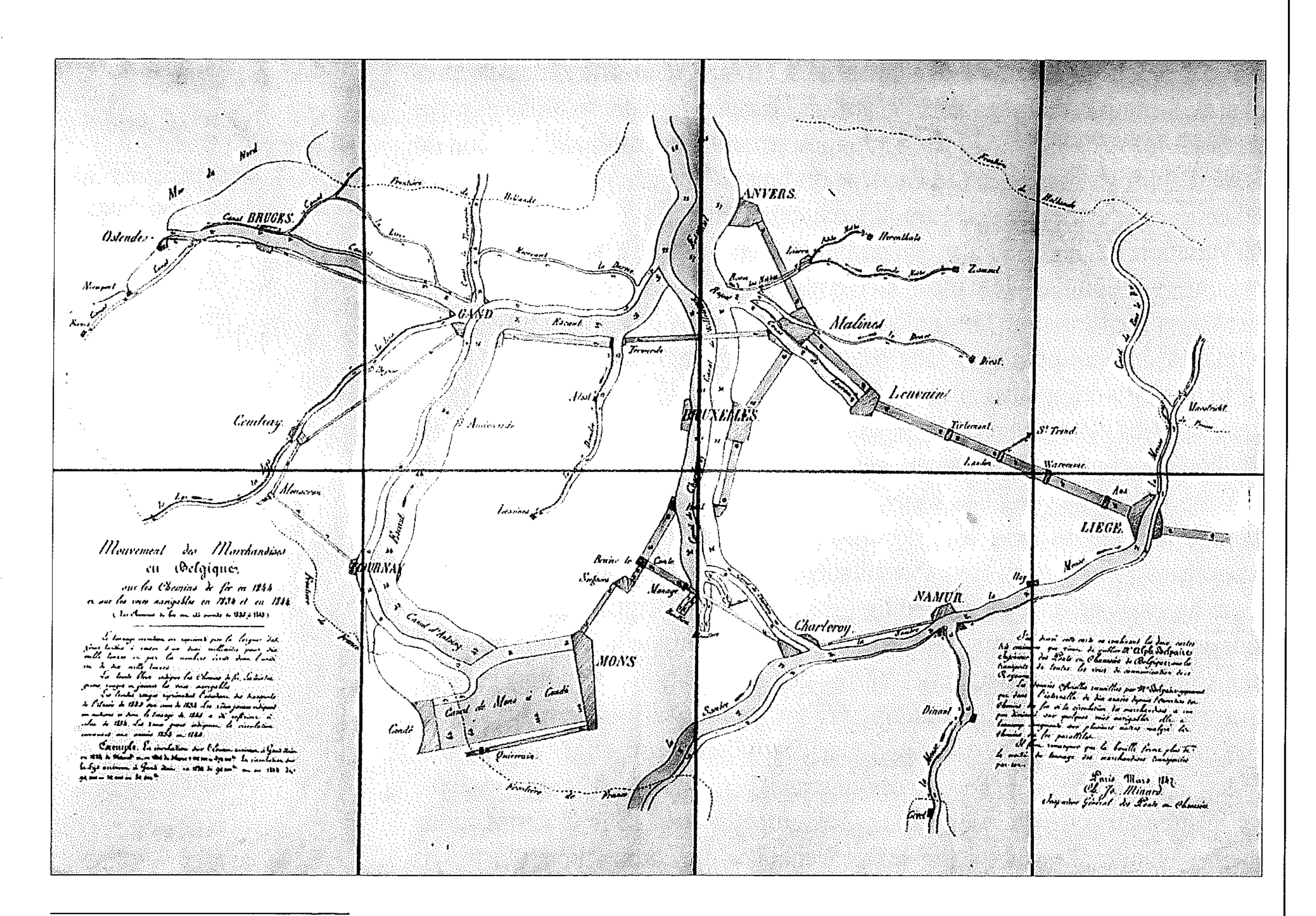


Fig. 48. C. Minard, *Mouvement des marchandises en Belgique...*, 1847. (Col. et cliché E.N.P.C.)

aux travaux dont sont chargés les ingénieurs, est loin d'être stationnaire, il se porte tantôt sur un point, tantôt sur un autre, et l'on peut dire que dans un laps de temps qui n'est pas considérable, l'industrie et le commerce d'une ville et d'une contrée éprouvent de grandes alternatives[87]. » C'est d'ailleurs cette irrégularité des mouvements économiques, résultant en partie des concurrences et du progrès technique, qui provoque ce doute quant à l'utilité des constructions publiques durables, « car on apprécie bien mieux les besoins du moment que ceux de l'avenir[88]. »

Minard construit de très frappantes démonstrations graphiques de cette instabilité, essentiellement sous deux formes : les cartes bilans, et les séries d'images. Dans le premier cas, il s'agit d'apprécier en une représentation la variation quantitative entre deux dates précises, en lui affectant une teinte particulière au sein de la ligne de flux. En 1847, les deux cartes qu'avait publiées A. Belpaire sont combinées dans le *Mouvement des marchandises en Belgique sur les chemins de fer en 1844 et sur les voies navigables en 1834 et en 1844.* L'excédent des transports par voies navigables de 1844 sur 1834 apparaît en rose, le déficit en jaune, la circulation commune aux deux années en gris (figure 48)[89]. En 1854 et 1859, la méthode est appliquée à la *Carte figurative et approximative des marchandises (flottage compris) qui ont circulé en 1850 et 1853 sur les voies navigables de France*, puis à la *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en France en transit en 1845*

87. Ibid., *p. 63.*

88. Ibid., *p. 121.*

89. *La carte indique évidemment la non-concurrence des différents modes de transport, idée chère à l'auteur. L'apparition du chemin de fer ne détermine que de faibles chutes de tonnage sur les voies navigables entre Gand et Ostende ou Mons.*

et 1857. Selon un schéma assimilable, mais en indiquant une variation, non plus quantitative, mais spatiale, la *Carte de l'étendue des marchés de bœufs expédiés à Paris en 1828 et 1862*[90] décrit un mouvement discontinu, l'extension de l'aire d'approvisionnement de Paris, selon un système génératif : deux zones successives affectées de couleurs différentes.

90. *Voir note 63.*

La variation de flux (ou autre phénomène) dans l'espace est ainsi complétée par une variation dans le temps. À ce type de cartes combinatoires, où intervient aussi l'information chronologique, peut toujours être substituée la série d'images. Minard privilégie dans son œuvre un petit nombre de sujets, qu'il cartographie à intervalles plus ou moins réguliers, ainsi les tonnages transportés sur les voies d'eau et de fer de France (10 cartes entre 1852 et 1863), les flux de combustibles minéraux (6 cartes), les exportations de houille anglaise (3 cartes), etc. Ces séries sont construites à des fins comparatives : Minard le souligne dans ses observations, en faisant fréquemment référence à ses réalisations antérieures. Par ailleurs, les cartes sont parfois réunies par deux ou trois sur une même feuille (importations de coton). Ainsi se révèlent avec netteté les fluctuations du marché, les évolutions, souvent brutales, des courants commerciaux. Les cartes des importations de coton brut en Europe comptent parmi les démonstrations les plus saisissantes. Le déclenchement de la guerre de sécession aux États-Unis provoquant des inquiétudes en Europe sur l'approvisionnement en coton, Minard souhaite « s'éclairer sur cette question ». Il réalise, entre 1861 et 1866, 5 cartes sur ce thème, colorant les flux selon les provenances du coton, pour illustrer la situation des échanges pour 1861, 1862, 1863, 1864 et 1865. Il appuie sa comparaison sur les transports de 1858, date choisie comme référence « parce qu'étant à peu près la moyenne de quelques années avant les troubles d'Amérique », et fait ainsi valoir l'importance des renversements commerciaux issus de la disette de coton en Europe (figures 46 et 47).

Minard revendique hautement une compétence en matière d'économie politique, adressant même l'un de ses mémoires à Jean-Baptiste Say. La corrélation entre certains objets et concepts de cette discipline et le langage graphique est révélatrice : les phénomènes que cartographie Minard ne constituent pas une réalité extérieure enfin reconnue, puis incarnée par la graphique. Ce n'est pas seulement la découverte du thème qui entraîne l'innovation cartographique. L'évolution de la cartographie en tant que langage, et comme tout langage, relève de nouvelles interprétations, ou emprises intellectuelles sur le monde.

« Une source féconde en applications[91] *»*

91. *C.J. Minard, 1869, p. 9.*

« Sur un planisphère assez grossièrement figuré, on voit l'Angleterre qui, de tous les points de son littoral, lance sur le monde, en toute direction, comme les bras d'un poulpe immense, de noirs rubans dont chacun, par sa largeur, exprime, en milliers de tonnes, la quantité de houille qui a fait un certain trajet. De ces bras, l'un vient s'abattre sur les côtes de France (...), un autre bras énorme s'engage dans la mer du Nord (...), un bras de 419 mille ton-

neaux entre par Gibraltar (...). Cette magnifique représentation de l'activité commerciale et des voies qu'elle suit de préférence est aujourd'hui très répandue chez nous [92]. » Cette description enthousiaste du procédé du flux, rédigée par Marey dans son traité *La méthode graphique dans les sciences expérimentales* indique assez l'impact des cartes de Minard, visuel et sans doute aussi psychologique, ainsi que la faveur qui les a accueillies.

L'œuvre de Minard, comme le remarque le père de Dainville, est loin d'être purement spéculative [93]. Plusieurs de ses cartes sont lithographiées à quelques centaines d'exemplaires, et connaissent une certaine diffusion, y compris par l'intermédiaire de brochures qui en contiennent. Cette circulation demeure pourtant circonscrite : Minard travaille à l'écart du monde scientifique et géographique, pour lequel il demeure inconnu. D'après Robinson, aucun géographe ne fait référence à notre ingénieur, ni n'a découvert son œuvre originale et prolifique de son temps [94]. Cette affirmation doit être corrigée : Minard est connu et cité par Élisée Reclus, comme nous le verrons plus loin. Toutefois, il reste vrai que les données économiques n'entrent pas encore dans le champ de préoccupation des géographes. Ceux-ci s'intéressent surtout aux sciences naturelles ou aux explorations [95]. Minard est tout d'abord un technicien, et si ses travaux trouvent un certain écho, c'est auprès des milieux officiels, des statisticiens, ou d'autres ingénieurs. V. Chevallier indique dans sa *Notice nécrologique sur M.Minard* que ses cartes reçurent les « puissants encouragements de l'administration [96] ». Selon Minard lui-même, elles furent présentées à Sa Majesté Napoléon III, qui voulut bien lui faire connaître « qu'elle les avait vues avec intérêt et qu'elle en ferait usage [97] ». La carte du mouvement des combustibles minéraux en France pour 1845, publiée en juin 1851, est présentée la même année, signale-t-il, « à Leurs Excellences les ministres des Finances et des Travaux Publics [98] ». Rouher, ministre des Travaux publics de 1855 à 1863, est d'ailleurs représenté avec à ses côtés une carte figurative de Minard, sur un tableau conservé au musée de Riom [99]. À cet intérêt dans les plus hautes sphères de l'État, qui n'est pas, nous le verrons, sans conséquences sur le développement futur de la cartographie statistique, s'ajoute « la grande estime de la part de statisticiens [100] », dont témoignent les mentions faites du procédé du flux au congrès international de statistique de Vienne (1857), ou dans le *Traité théorique et pratique de statistique* de Maurice Block, en 1878.

Toutefois, l'influence de Minard se mesure surtout au nombre de représentations réalisées à l'imitation des siennes, notamment parmi ses collègues ingénieurs. En matière de tableaux graphiques, des tableaux à doubles coordonnées réalisés par les ingénieurs Comoy et Coumes sont présentés à l'exposition universelle de Paris en 1855. Une note extraite des rapports du jury international souligne l'antériorité des travaux de Minard et la dette des auteurs envers lui [101]. Mais l'attention des contemporains est surtout retenue par les « zones teintées » de la ligne de flux. En 1878, Marey parle même du « système Minard » comme on parlait du système Dupin. Le premier emprunt, et sans doute le plus inattendu, est une contrefaçon de la carte de mars 1845, appuyant un tracé rival pour le chemin de fer de Dijon à Mul-

92. *E.J. Marey, 1878, p. 75. La description se rapporte à la* Carte figurative de l'exportation de la houille anglaise en 1850, *de mars 1854 (voir en figure 37).*

93. *F. de Dainville, 1970.*

94. *A.H. Robinson, 1967, p. 100.*

95. Ibid.

96. *V. Chevallier, 1871, p.17.*

97. *C.J. Minard, 1861, p. 7.*

98. Carte (...) du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1856, *16 mars 1858, observations.*

99. *F. de Dainville, 1970, p. 31.*

100. *A.H. Robinson, 1967, p. 96.*

101. *Le texte de cette note est joint aux* Tableaux graphiques de la circulation de quelques chemins de fer *(mai 1844), dans le recueil des œuvres de Minard,* Tableaux graphiques et cartes figuratives, *conservé à la bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.*

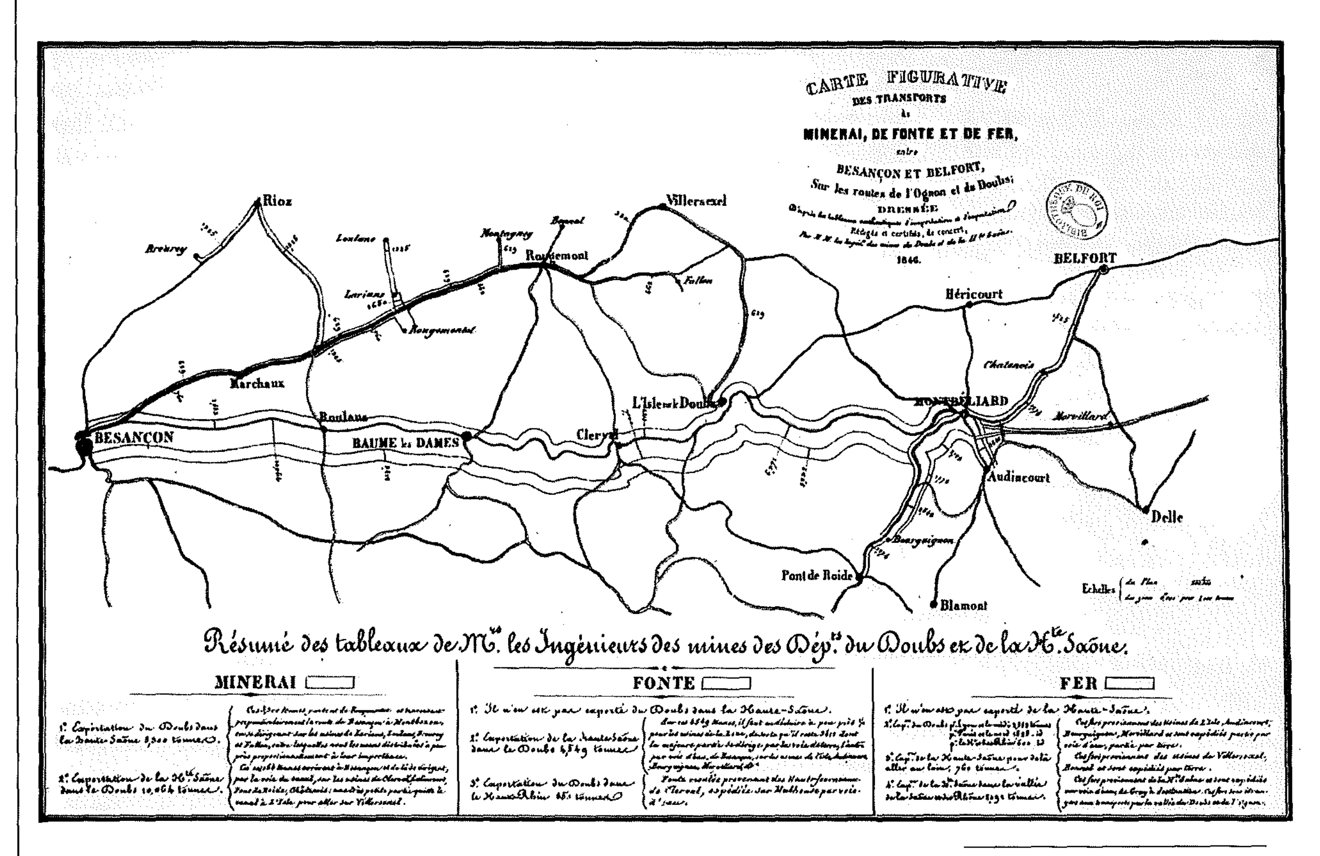


Fig. 49. *Carte figurative des transports de minerai de fonte et de fer entre Besançon et Belfort, sur les routes de l'Ognon et du Doubs*, 1846. (Cliché : B.N., Service photographique.)

house, publiée sous le nom de Minard avec des « zones mensongères [102] » ! Ce plagiat, qui montre assez la puissance de conviction reconnue au procédé, est rapidement suivi d'autres imitations.

En 1846, trois cartes gravées sont éditées par P. Bineteau, sans doute pour clore le débat autour de la ligne de Dijon à Mulhouse. L'une, signée par Minard, reprend la carte de 1845, en la complétant, « sous le rapport du parcours partiel, par l'analyse détaillée de la circulation des voyageurs transportés par les trois grands services de Messageries de Lyon et de Chalon sur Mulhouse [103] ». Les deux autres cartes comptent parmi les premières extensions du procédé du flux. Ce sont tout d'abord les ingénieurs des mines du Doubs et de la Haute-Saône qui, sur le même fond topographique que Minard, dressent une *Carte figurative des transports du minerai de fonte et de fer entre Besançon et Belfort, sur les routes de l'Ognon et du Doubs* [104], d'après les tableaux *authentiques* d'importation et d'exportation (figure 49). Pour le tracé de la voie ferrée, l'analyse des transports potentiels de pondéreux confirme le choix en faveur de la vallée du Doubs. Par ailleurs, une troisième carte non signée présente les axes du commerce régional : la *Carte graphique du roulage régulier entre Besançon et Belfort tant en parcours total qu'en parcours partiel d'après les tableaux nominatifs des messagers, grands valiers qui parcourent cette route, et des transports qu'ils effectuent annuellement* [105]. La décomposition du trafic en transport de transit ou transport total (*i.e.* sur l'intégralité du trajet) est une allusion directe aux idées de Minard, dont le travail sur les transports de voyageurs est évoqué en légende.

102. *C.J. Minard, 1861, p. 3.*

103. *C.J. Minard,* Carte de la circulation des voyageurs par services réguliers de voitures publiques sur les routes de la contrée où sera placé le chemin de fer de Dijon à Mulhouse, *Paris, P. Bineteau, 1846, 1/200 000.*

104. *Paris, P. Bineteau, 1846, 1/200 000.*

105. *Paris, P. Bineteau, 1846, 1/200 000.*

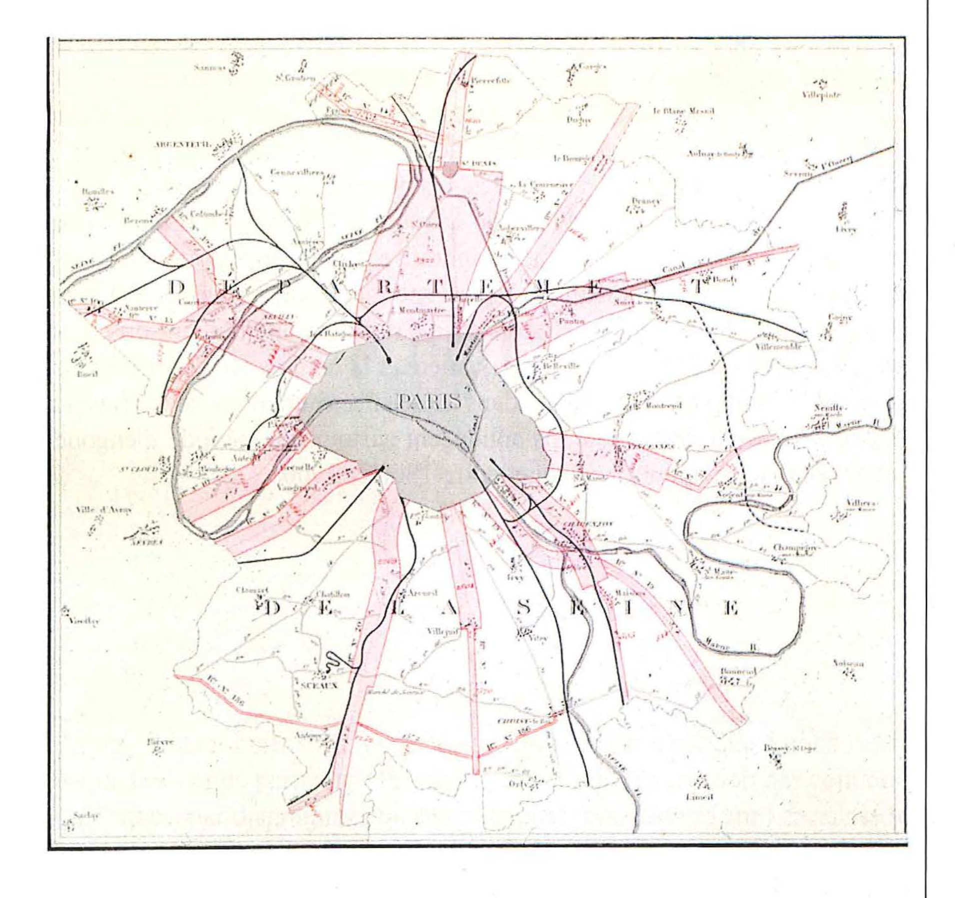


Fig. 50. La Serre, *Carte générale de l'Empire français (...) indiquant les résultats du recensement fait du 30 novembre 1856 au 30 novembre 1857 sur les routes impériales et stratégiques...*, 1859. (Cliché : Archives nationales, Service photographique.)

Par la suite, les applications se multiplient, notamment au sein des compagnies de chemin de fer, comme celle d'Orléans. Minard cite lui-même les cartes de flux des ingénieurs Reynard, pour le chemin de fer de Grenoble à Valence, Léon, pour la ligne de Poitiers à la Rochelle, Maillebiau, pour le Bordeaux-Bayonne. Dans les années 1850, l'administration elle-même s'essaie aux procédés de Minard. C'est tout d'abord, en 1853, le ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics qui présente une *Carte générale de la production, de la consommation et de la circulation des combustibles minéraux en France pendant l'année 1850.* Pour la production et la consommation sont employés des figurés proportionnels, mais la carte « ne fait voir la circulation des combustibles que par des linéaments colorés et leur quantité que par des nombres [106] », critique Minard, qui juge préférable le mode figuratif qu'il emploie. Mais en 1859 paraît la première œuvre officielle selon le modèle qu'il a popularisé : la *Carte générale de l'Empire Français dressée au ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics indiquant les résultats du recensement fait du 30 novembre 1856 au 30 novembre 1857 sur les routes impériales et stratégiques pour constater le mouvement de la circulation.* Il s'agit d'un travail de 12 feuilles au 1/82 500, préparé par l'ingénieur en chef La Serre, secrétaire de la section des routes au conseil général des Ponts et Chaussées. Sur la carte s'inscrivent des lignes de flux proportionnelles au nombre de *colliers*, unité retenue pour mesurer la circulation [107]. Les flux sont teintés en rose ou bleu, selon qu'il s'agit de routes impériales ou stratégiques.

106. Carte (...) du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1856, *16 mars 1858, observations.*

107. *Un collier correspond à un animal de trait attelé à une voiture.*

Seul le fond topographique, très précis, se démarque du procédé figuratif de Minard (figure 50). Les Archives nationales conservent par ailleurs les travaux et calques préparatoires à une série de cartes au 1/500 000 sur le même thème, fondée sur des recensements effectués du 29 novembre 1863 au 3 novembre 1864, et étendus aux routes secondaires.

Ainsi, peu à peu, sous l'impulsion de Minard, le « Playfair français [108] », se propage le code de la cartographie quantitative. Robinson évoque « le niveau de sophistication extraordinaire pour son époque [109] » des procédés de l'ingénieur français. Il apparaît en effet qu'au-delà du principe unifiant du calcul par l'œil, l'œuvre de Minard mêle la variété et la complexité des méthodes, et étend le champ de la graphique dans les sciences humaines. Si ces travaux ont une influence immédiate, ils annoncent surtout une période d'engouement pour la statistique graphique, entre 1860 et 1900.

108. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 305.*

109. *A.H. Robinson, 1967, p. 105.*

CHAPITRE IV

L'âge de l'enthousiasme (1860-1900)

Un âge de l'enthousiasme pour la graphique, c'est ainsi que Funkhouser qualifie la seconde partie du XIX[e] siècle [1]. L'essor de l'expression des données numériques, par diagrammes ou cartes, repose tout d'abord sur l'enrichissement considérable des sources. Par ailleurs, les moyens graphiques ne sont plus guère contestés sur le plan théorique. Ils deviennent les auxiliaires d'une statistique qui joue pleinement son rôle d'observation de la société et de l'économie, et qui est de plus divulguée, aux savants comme au grand public. Dès lors, la familiarité avec les procédés de cartographie quantitative s'établit durablement, le langage graphique se banalise. Le culte du nombre, qui transparaissait dans la démarche scientifique d'un Malgaigne ou d'un Parent-Duchâtelet, peut se nourrir à partir de la Monarchie de Juillet d'une véritable inflation de statistiques, produites par la Statistique générale de la France et plusieurs bureaux ministériels. Aux premiers comptes réguliers institués dans les années 1820 viennent s'ajouter de nombreuses publications économiques : enquêtes agricoles, enquêtes industrielles et statistiques de l'industrie minérale, recensements de la circulation... L'œuvre est poursuivie sous la seconde république puis le second Empire, avec le relais de commissions locales. La statistique, notamment démographique, s'étoffe : le recensement de la population s'enrichit de données sur l'âge, les décès, l'instruction, les professions. L'économie et les transports font l'objet d'explorations approfondies. La statistique ferroviaire, longtemps archivée, est publiée à partir de 1867. Plusieurs enquêtes se poursuivent sur l'enseignement, les revenus et les propriétés, la main d'œuvre, etc. [2] L'intérêt scientifique rejoint ce développement exubérant des publications : il se traduit par la fondation en 1860 de la Société de statistique de Paris, suivant de peu celle de la Royal Statistical Society de Londres, et par l'amorce d'une coopération internationale au sein des congrès de statistique, nés à l'initiative du belge Quételet.

1. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 1.*

2. *L'objet de ce livre n'étant pas directement l'histoire de la statistique, nous renvoyons aux ouvrages généraux sur ce sujet, notamment H. Westergaard, 1932 ; B. Gille, 1980 ; T. Porter, 1986 ;* Pour une histoire de la statistique..., *1987.*

Mais la profusion graphique est un autre symptôme de l'intérêt pour la quantification. Minard lui-même évoque en 1861 une « impulsion générale des esprits vers les représentations graphiques[3] », puis écrit en 1869 : « il y a d'ailleurs un genre nouveau de Statistique qui prend de nos jours beaucoup d'extension et qui se caractérise par l'intervention de la *forme*, c'est une Statistique à la fois figurative et numérique. Les applications, rares autrefois, sont nombreuses aujourd'hui[4]. » Ce décalage de près de trente ans entre l'engouement pour les nombres puis pour leur traduction par l'image montre que la construction du code ne peut être comprise parfaitement par la seule potentialité d'une information, par l'émergence de thèmes ou de données nouvelles. Le langage graphique présente des inerties ou des impulsions novatrices qui lui sont propres.

L'intelligence et l'usage du nouveau code cartographique, pendant la période initiatrice qui va de Dupin à Minard, restent limités. La popularité du système Dupin, dans les années 1830, ne doit pas faire oublier que les procédés graphiques conservent pendant longtemps un caractère confidentiel. Cela explique le vif sentiment de nouveauté qu'éprouvent encore les statisticiens à leur endroit, à la fin du XIXe siècle. L'économiste d'origine allemande Maurice Block affirme en 1878 qu'« une fois née, la méthode graphique arriva très rapidement à une remarquable perfection, de sorte qu'elle n'a, pour ainsi dire, pas d'histoire[5]. » Dans le même temps, l'ingénieur des Ponts et Chaussées Émile Cheysson écrit dans le *Journal de la Société de statistique de Paris* que « l'on a pu constater, ainsi que le fait la commission permanente internationale de statistique, par les envois de toutes les nations en 1878, que la statistique graphique, *née d'hier*, étend chaque jour son domaine et le cercle de ses préoccupations[6]. » Émile Levasseur tente d'ailleurs de corriger cette opinion commune, lors du congrès international de statistique tenu à Budapest en 1878. Face à des participants quelque peu oublieux du passé, il s'attache à rappeler les origines de la cartographie statistique et le rôle précurseur du baron Dupin : « cherchant à rendre populaires certains faits de la statistique, il employait le système de représentation graphique que nous recommandons aujourd'hui avec tant d'insistance, et qui n'est pas aussi nouveau qu'on pourrait le croire ; c'est en effet en 1819 qu'il publie sa première carte de l'instruction primaire de la France, sur laquelle les départements les plus arriérés étaient en quelque sorte stigmatisés par l'épaisseur de la teinte sombre qui les couvrait[7]. »

La statistique graphique présente toutefois dans la seconde partie du XIXe siècle deux nouveaux aspects, distincts et complémentaires. Elle se signale tout d'abord par l'abondance des œuvres de cartographie quantitative, tant sous la forme de travaux éxécutés dans le cadre institutionnel des grandes administrations publiques, que d'œuvres individuelles dispersées. Par ailleurs, le développement des matériaux statistiques et graphiques provoque, comme nous le verrons ensuite, une réflexion originale sur les moyens graphiques, envisagés comme un *langage*, pour lequel des *règles* doivent être établies.

3. *C.J. Minard, 1861, p. 1.*

4. *C.J. Minard, 1869, p. 2.*

5. *M. Block, 1878, p. 382.*

6. *É. Cheysson, 1880, p. 6.*

7. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu…, *1878, p. 118. É. Levasseur commet toutefois une erreur de quelques années en datant la carte du baron Dupin.*

Une cartographie quantitative institutionnalisée

La réalisation de cartes statistiques relève à l'origine d'initiatives individuelles, isolées. Bien sûr, nous l'avons vu, les pouvoirs publics montrent quelque intérêt pour des œuvres telles que celles de Minard, et ne manquent pas de les encourager : ce sont ainsi les souscriptions du ministère des travaux publics qui permettent à Minard de publier à plus de 10 000 exemplaires ses cartes et tableaux[8]. Mais, tandis que d'importants secteurs de la cartographie se développent dans le cadre de structures officielles (nous pensons à la carte topographique, ou géologique), il faut attendre la fin des années 1850, avec les cartes du recensement routier, puis surtout le dernier quart du XIX[e] siècle, pour voir les administrations donner elles-mêmes l'impulsion aux travaux de statistique graphique. En application des conseils prodigués lors des congrès internationaux de statistique, elles étendent alors le recours à la graphique dans leurs publications, voire créent pour les cartes et diagrammes des supports spécifiques, atlas et albums. Le Ministère des travaux publics et la Statistique générale de la France jouent un rôle déterminant dans cette entreprise. À leur suite, d'autres ministères (finances, agriculture) et services (préfecture de la Seine) recourent au langage graphique. Les travaux sont conduits par la plupart des grands noms de la statistique de l'époque, tels Cheysson, de Foville ou les Bertillon.

8. *Voir C.J. Minard, 1861, p. 6.*

*L'*Album de Statistique Graphique

ORIGINES

L'*Album de Statistique Graphique* représente, dans le dernier quart du XIX[e] siècle, l'aboutissement de tous les efforts dispensés par les pionniers de la cartographie statistique. Il est en quelque sorte le florilège du nouveau code iconique. Selon Funkhouser, il s'agit du spécimen le plus achevé de la production graphique française, et l'on se montre à l'époque particulièrement fier du résultat[9]. Ce travail servira d'ailleurs de prototype pour les publications entreprises par les autres administrations publiques. L'initiative de cette œuvre graphique revient au ministère des Travaux publics, ce qui n'est guère surprenant, eu égard aux liens de cette administration avec les Ponts et Chaussées. D'ailleurs, nous le verrons, le rôle des ingénieurs en matière de cartographie statistique est une nouvelle fois déterminant, pour la période qui nous occupe. Au soutien indirect du Ministère à la production cartographique se substitue en 1878 le projet de mise en place d'une structure pérenne visant au développement de la statistique graphique. Un arrêté du 12 mars 1878 crée le bureau de la statistique graphique, rattaché à la direction du dépôt des cartes, plans et archives, service qui relève directement du ministre des travaux publics. Le 3 juillet 1878, un nouvel arrêté précise les missions de ce bureau : il est chargé de « préparer des cartes figuratives et des diagrammes exprimant, sous la forme graphique, les documents statistiques

9. *Voir H.G. Funkhouser, 1937, p. 336.*

relatifs, soit au courant de circulation des voyageurs et des marchandises sur les voies de communication de tous ordres et dans les ports de mer, soit à la construction et à l'exploitation de ces voies et de ces ports, en un mot, à tous les faits économiques, techniques ou financiers qui relèvent de la statistique et peuvent intéresser l'administration des travaux publics[10] ».

Le bureau, chargé de préparer des travaux sur réquisition, est en outre tenu de présenter annuellement un album de statistique graphique soumis à l'approbation du ministre.

L'homme qui se trouve à la tête de ce projet, en tant que directeur des cartes et plans, va marquer profondément la création comme la réflexion cartographique de la fin du XIXe siècle. Il s'agit d'Émile Cheysson (1836-1910), ingénieur issu de Polytechnique et de l'École des ponts et chaussées. Après avoir exercé en Champagne, Cheysson collabore à partir de 1864 avec Frédéric Le Play, pour l'organisation de l'exposition universelle de 1867. Appelé en 1871 par Schneider pour diriger les usines du Creusot, il ne retrouve ses fonctions dans l'administration qu'en 1874. Ingénieur en chef en 1877, il a donc pour charge d'organiser le nouveau service et la publication de l'album. Quoique la direction des cartes et plans soit supprimée en 1895, la tâche de Cheysson se poursuit bien au-delà de cette date. L'*Album de Statistique Graphique*, quant à lui, ne s'interrompt qu'en 1899, pour des raisons financières, au bout de dix-sept volumes.

10. *« L'organisation, les travaux et les publications de la statistique officielle en France »,* Journal de la Société de Statistique de Paris *26, juin 1885, p. 266. Voir également V. Turquan, 1891, p. 1-16.*

LES THÈMES DE L'*ALBUM*

Le service dirigé par Cheysson ne tarde pas à publier ses premiers résultats. La première édition de l'*Album de Statistique Graphique* du Ministère des travaux publics paraît en 1879. Elle ne compte que douze planches, mais l'*Album* s'enrichit progressivement au fil de sa publication. Dès la seconde édition, le nombre de planches est de seize ; au cours de la période qui suit, l'ouvrage renferme couramment entre vingt et vingt-cinq planches, avec un maximum de trente-quatre planches en 1886. Les volumes comprennent non seulement des cartes mais également des séries de diagrammes, quoiqu'en faible proportion. Aux termes du décret de juillet 1878, le contenu cartographique de l'*Album*, tout en rappelant les directions principales de l'œuvre de Minard, apparaît comme très éclectique. Émile Cheysson établit une distinction au sein de l'ouvrage qu'il dirige entre des « planches de fondation » et des « planches de longue durée ». Les premières illustrent, d'année en année, une série de thèmes récurrents, ce qui permet d'établir des comparaisons éloquentes. Les secondes sont de publication irrégulière (certain thèmes ne sont même exploités qu'une fois) : elles sont « consacrées à des faits dont l'allure n'est pas assez rapide ou dont l'intérêt n'est pas assez grand pour mériter une étude annuelle[11]. »

Les planches de fondation tendent à s'identifier avec les centres d'intérêt traditionnels des Ponts et Chaussées. Elles concernent principalement les voies ferrées, les voies navigables et les ports, approchés sous l'angle économique, financier et technique. Sont ainsi reproduites régulièrement les cartes relatives au mouvement des voyageurs et des marchandises sur les chemins de

11. Album..., *1885, p. V. Précisons que lorsque nous donnons, dans le cours du texte, une indication d'année, il s'agit de l'année de publication de l'album. Les albums portent en titre l'année qui précède celle de l'édition.*

fer, au tonnage des ports et des voies navigables, au mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer. Dans le domaine financier, les cartes traitent des recettes brutes et nettes des chemins de fer, des bénéfices, des frais d'entretien et d'établissement, données calculées puis figurées sur la base de la section de voie ou de la station. Enfin, la cartographie prend en compte les conditions d'établissement des chemin de fer (pente et rayon des voies) ou les conditions de navigabilité des canaux et cours d'eau. Les questions de circulation fournissent encore l'essentiel des « planches longue durée », mais sous des formes plus singulières. Il peut s'agir de cartes-bilans, retraçant une évolution des transports sur plusieurs dizaines d'années : ainsi, la *Carte figurative du développement des chemins de fer dans les principaux états de 1830 à 1878*[12], ou la *Carte figurative de mouvement maritime entre la France et les pays étrangers de 1859 à 1879*[13]. Dans l'album de 1887, deux cartes portent encore sur « l'histoire du mouvement maritime de notre commerce extérieur de 1837 à 1886 » ; en 1888 est retracée « l'accélération des voyages en France depuis 200 ans », etc. Mais les « planches longue durée » exploitent parfois des statistiques irrégulières, voire marginales, liées à un type de trafic ou une partie des réseaux : les tonnages du cabotage[14], la décomposition des tonnages des voies navigables, selon le sens du trafic ou la nature des marchandises, pour plusieurs ensembles régionaux[15], les résultats d'exploitation du canal de Suez[16] ou le nombre de trains quotidiens sur certains réseaux[17]. Ces planches peuvent également résulter d'un événement particulier : l'album de 1889 étudie ainsi les effets de l'exposition universelle sur les transports. Enfin, quoique la route ne soit pas assujettie à une cartographie annuelle, elle occupe une place importante dans la publication du ministère. À la suite de Minard (nommément cité) et de l'ingénieur en chef La Serre, dont nous avons étudié l'exploitation des comptages de 1856, Cheysson consacre par trois fois onze planches à l'illustration des recensements routiers de 1882, 1888 et 1894 (albums de 1883, 1889 et 1894-1895).

Cet important enrichissement thématique, que nous ne pouvons décrire exhaustivement, reflète la sophistication accrue de la mesure statistique, l'appel à des variables de plus en plus nombreuses. Parmi celles-ci, la notion de « flux spécifique » retient particulièrement l'attention du point de vue de la géographie volontaire conduite par les ingénieurs. Elle apparaît comme le trait d'union entre les innovations graphiques de Minard et la pensée de l'espace de Lalanne. Il s'agit dans l'esprit de Cheysson, d'exprimer le rendement des voies ferrées par tête d'habitant, c'est-à-dire de calculer un coefficient de marchandises et de voyageurs par habitant, reporté sur la carte sous forme de flux. La construction de telles cartes, dans les albums de 1882 et 1883[18], repose sur l'hypothèse qu'une ligne dessert en moyenne une zone de cinq kilomètres de chaque côté de son axe : « dès lors, pour déterminer les coefficients cherchés, il suffit de diviser le réseau par sections, de connaître le nombre de voyageurs et de tonnes propres à chacune de ces sections, puis la population correspondante. Le rapprochement de ces termes donne le rendement par tête d'habitant compris dans la région desservie : il ne reste plus, si l'on veut l'exprimer sous forme graphique, qu'à tracer le long de l'axe de

12. Album…, *1880, planche 16.*

13. Album…, *1881, planche 11.*

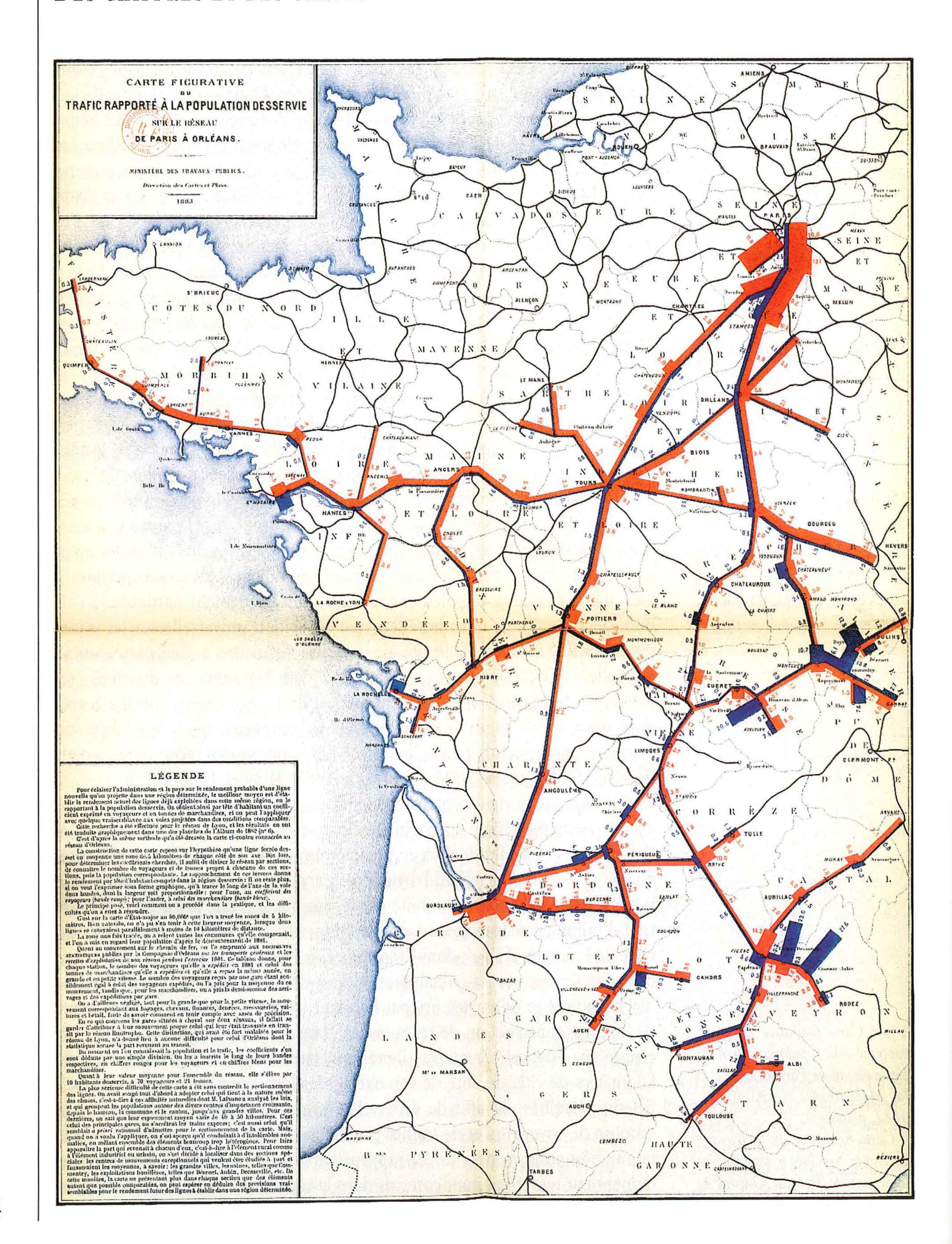
14. Ibid.*, planche 7.*

15. Album…, *édition de 1884 et suivantes.*

16. Album…, *1882, planche 7.*

17. Album…, *éditions de 1893 et 1894.*

18. *« Carte figurative du trafic rapporté à la population desservie sur le réseau de Paris à Lyon et à la Méditerranée »*, Album…, *1882, planche 6.*
« Carte figurative du trafic rapporté à la population desservie sur le réseau de Paris à Orléans », Album…, *1883, planche 8.*


CARTE FIGURATIVE
DU
TRAFIC RAPPORTÉ À LA POPULATION DESSERVIE
SUR LE RÉSEAU
DE PARIS À ORLÉANS.
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.
Direction des Cartes et Plans.
1883
LÉGENDE
Pour éclairer l'administration et le pays sur le rendement probable d'une ligne nouvelle qu'on projette dans une région déterminée, le meilleur moyen est d'établir le rendement actuel des lignes déjà exploitées dans cette même région, en le rapportant à la population desservie. On obtient ainsi par tête d'habitant un coefficient exprimé en voyageurs et en tonnes de marchandises, et on peut l'appliquer avec quelque vraisemblance aux voies projetées dans des conditions comparables.
Cette recherche a été effectuée pour le réseau de Lyon, et les résultats en ont été traduits graphiquement dans une des planches de l'Album de 1882 (nº 6).
C'est d'après la même méthode qu'a été dressée la carte ci-contre consacrée au réseau d'Orléans.
La construction de cette carte repose sur l'hypothèse qu'une ligne ferrée dessert en moyenne une zone de 5 kilomètres de chaque côté de son axe. Dès lors, pour déterminer les coefficients cherchés, il suffit de diviser le réseau par sections, de connaître le nombre de voyageurs et de tonnes propre à chacune de ces sections, puis la population correspondante. Le rapprochement de ces termes donne le rendement par tête d'habitant compris dans la région desservie : il ne reste plus, si on veut l'exprimer sous forme graphique, qu'à tracer le long de l'axe de la voie deux bandes, dont la largeur soit proportionnelle : pour l'une, au *coefficient des voyageurs (bande rouge)*; pour l'autre, *à celui des marchandises (bande bleue)*.
Le principe posé, voici comment on a procédé dans la pratique, et les difficultés qu'on a eues à résoudre.
C'est sur la carte d'État-major au 80,000e que l'on a tracé les zones de 5 kilomètres. Bien entendu, on n'a pu s'en tenir à cette largeur moyenne, lorsque deux lignes se côtoyaient parallèlement à moins de 10 kilomètres de distance.
La zone une fois tracée, on a relevé toutes les communes qu'elle comprenait, et l'on a mis en regard leur population d'après le dénombrement de 1881.
Quant au mouvement sur le chemin de fer, on l'a emprunté aux DOCUMENTS STATISTIQUES publiés par la Compagnie d'Orléans *sur les transports généraux* et les *recettes d'exploitation* de son réseau *pendant l'exercice* 1881. Ce tableau donne, pour chaque station, le nombre des voyageurs qu'elle a *expédiés* en 1881 et celui des tonnes de marchandises qu'elle a *expédiées* et qu'elle a *reçues* la même année, en grande et en petite vitesse. Le nombre des voyageurs reçus par une gare étant sensiblement égal à celui des voyageurs expédiés, on l'a pris pour la moyenne de ce mouvement, tandis que, pour les marchandises, on a pris la demi-somme des arrivages et des expéditions par gare.
On a d'ailleurs négligé, tant pour la grande que pour la petite vitesse, le mouvement correspondant aux bagages, chevaux, finances, denrées, messageries, voitures et bétail, faute de savoir comment en tenir compte avec assez de précision.
En ce qui concerne les gares situées à cheval sur deux réseaux, il fallait se garder d'attribuer à leur mouvement propre celui qui leur était transmis en transit par le réseau limitrophe. Cette distinction, qui avait été fort malaisée pour le réseau de Lyon, n'a donné lieu à aucune difficulté pour celui d'Orléans dont la statistique accuse la part revenant au transit.
Du moment où l'on connaissait la population et le trafic, les coefficients s'en sont déduits par une simple division. On les a inscrits le long de leurs bandes respectives, en chiffres rouges pour les voyageurs et en chiffres bleus pour les marchandises.
Quant à leur valeur moyenne pour l'ensemble du réseau, elle s'élève par 10 habitants desservis, à 70 voyageurs et 21 tonnes.
La plus sérieuse difficulté de cette carte a été sans contredit le sectionnement des lignes. On avait songé tout d'abord à adopter celui qui tient à la nature même des choses, c'est-à-dire à ces affinités naturelles dont M. Lalanne a analysé les lois, et qui groupent les populations autour des divers centres d'importance croissante, depuis le hameau, la commune et le canton, jusqu'aux grandes villes. Pour ces dernières, on sait que leur espacement moyen varie de 40 à 50 kilomètres. C'est celui des principales gares, où s'arrêtent les trains express ; c'est aussi celui qu'il semblait *a priori* rationnel d'admettre pour le sectionnement de la carte. Mais, quand on a voulu l'appliquer, on s'est aperçu qu'il conduisait à d'intolérables anomalies, en mêlant ensemble des éléments beaucoup trop hétérogènes. Pour faire apparaître la part qui revenait à chacun d'eux, c'est-à-dire à l'élément rural comme à l'élément industriel ou urbain, on s'est décidé à localiser dans des sections spéciales les centres de mouvements exceptionnels qui veulent être étudiés à part et fausseraient les moyennes, à savoir : les grandes villes, les usines, telles que Commentry, les exploitations houillères, telles que Bézenet, Aubin, Decazeville, etc. De cette manière, la carte ne présentant plus dans chaque section que des éléments autant que possible comparables, on peut espérer en déduire des prévisions vraisemblables pour le rendement futur des lignes à établir dans une région déterminée.

la voie deux bandes, dont la largeur soit proportionnelle : pour l'une, au coefficient des voyageurs (bande rouge) ; pour l'autre, à celui des marchandises (bande bleue)[19]. » (Figure 51.)

Ces cartes, comme celle établie par Minard en 1843, visent à « éclairer l'administration » par les rendements actuels et les rendements probables des lignes projetées dans les régions considérées. La référence à Lalanne apparaît lorsqu'il s'agit de régler la plus sérieuse difficulté de la carte : le sectionnement des lignes. Il est précisé dans l'*Album* de 1883, qu' « on avait songé tout d'abord à adopter celui qui tient à *la nature même des choses*, c'est-à-dire à ces affinités naturelles dont M. Lalanne a analysé les lois, et qui groupent les populations autour des divers centres d'importance croissante, depuis le hameau, la commune et le canton, jusqu'aux grandes villes. Pour ces dernières, on sait que leur espacement moyen varie de 40 à 50 kilomètres. C'est celui des principales gares, où s'arrêtent les trains express ; c'est aussi celui qu'il semblait *a priori* rationnel d'admettre pour le sectionnement de la carte[20] ». Les anomalies du système, l'hétérogénéité des éléments réunis par « section de Lalanne » obligent cependant, pour faire la part de « l'élément rural » et de « l'élément urbain », à délimiter des sections spéciales englobant les centres de mouvements exceptionnels. On constate donc que les théories de Lalanne demeurent bien vivantes dans l'esprit des ingénieurs, mais aussi que certaines formes de la cartographie relèvent en aval d'une action d'aménagement, et en amont, d'une réflexion théorique sur l'organisation de l'espace.

Si les questions relatives aux communications constituent l'essentiel des albums, bien d'autres thèmes apparaissent, bien qu'ils n'intéressent qu'indirectement l'administration des travaux publics. C'est par exemple le cas des sujets sur l'agriculture, représentés par une carte de l'invasion phylloxerique en 1881[21], ou par l'illustration en 20 planches de la statistique agricole de la France dans l'album de 1886, en raison de « l'influence exercée sur les transports par l'état de l'agriculture, l'abondance et la nature des récoltes.[22] » De même les données démographiques, « bien qu'appartenant au domaine de la statistique générale[23] », sont parfois figurées, ainsi le *Mouvement quinquennal de la population française par département de 1801 à 1881 dans l'album de 1884*[24].

Les thèmes les plus divers sont encore abordés au hasard de la publication : le personnel et les salaires dans les grandes compagnies du bâtiment et des houillères (album de 1887), les recettes brutes des théâtres et spectacles de Paris, à l'occasion d'une exposition universelle, le mouvement postal et le mouvement télégraphique (album de 1894), etc. Cheysson se dispense de tout argument pour présenter ces documents : à la différence de cartes ayant trait, pour reprendre cet exemple, au rendement des voies ferrées, toute une part de l'illustration statistique relève du réflexe gratuit, de l'exploitation automatique et occurrente des sources disponibles : « le rôle de l'album, note Cheysson, est de fournir des données ; c'est au public d'en tirer parti et de conclure[25]. » En ce sens, il est clair que la seule étude des thèmes n'a qu'une valeur relative.

L'album est sans aucun doute une source historique de tout premier plan, une image fidèle, notamment de l'évolution des transports. On voit ainsi Cheysson s'inquiéter, en 1876, de « problèmes nouveaux, qui, à peine entre-

19. Album..., *1883, légende de la planche 8.*

20. Ibid.

21. Album..., *planche 21.*

22. Album..., *1886, p. VI-VII.*

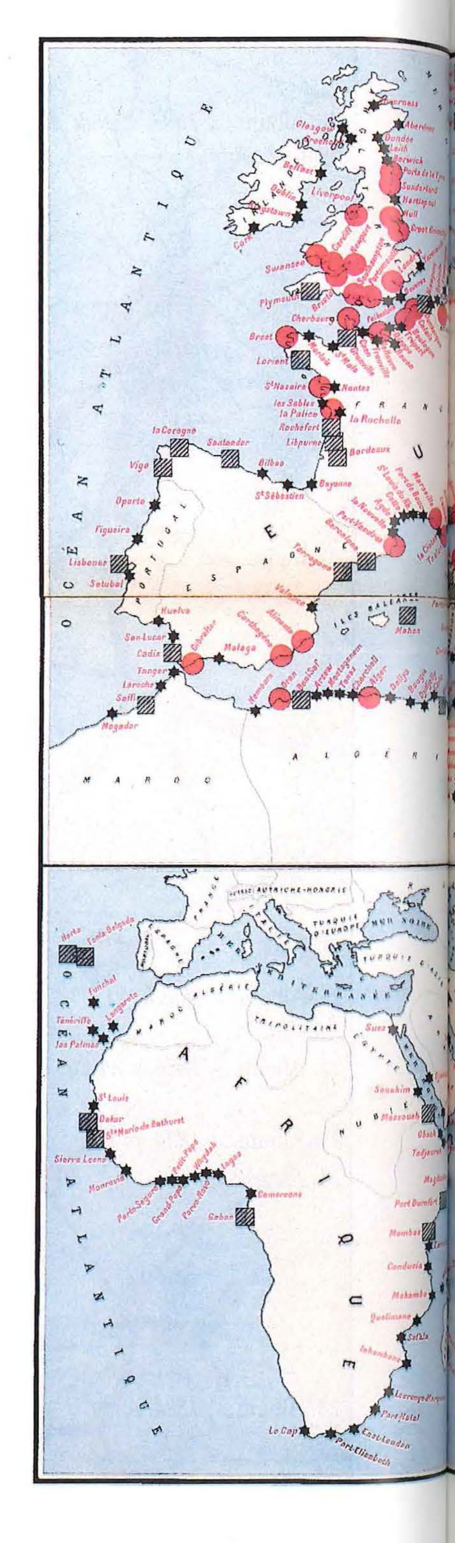
23. Album..., *1884, p. VII.*

24. *Planche 25.*

25. Album..., *1884, p. VII.*

Fig. 51. « Carte figurative du trafic rapporté à la population desservie sur le réseau de Paris à Orléans », *Album de statistique graphique*, 1883, pl. 8. (Cliché : B.N., Service photographique.)

vus il y a six ans, se sont posés cette fois avec une netteté embarrassante[26]. » Ébranlant la signification de l'unité traditionnelle des comptages routiers, le collier, voici en effet que se développe la circulation des tramways, de l'automobile et de la bicyclette ! Par ailleurs, hormis certains progrès relatifs à l'impression (notamment l'utilisation de la zincographie ou de la réduction photographique), on est avant tout frappé par l'amélioration considérable des moyens statistiques, leur extension aux secteurs les plus divers, la recherche constante d'indicateurs précis (marquée par exemple par la nouvelle définition du collier lors du recensement routier de 1882, ou par la généralisation des comptages par section de chemin de fer), et enfin la réduction de l'intervalle entre la collecte des statistiques et leur exploitation : vers 1890, le gain est d'environ une année sur la plupart des thèmes représentés. Il reste à examiner dans quelle mesure cette sophistication accrue s'accompagne de transformations dans le code de la cartographie thématique.



CARTES DE FLUX ET CARTOGRAMMES

Comme les thèmes, l'essentiel des procédés mis en œuvre relèvent de la tradition qu'incarne Minard, et, dans une moindre mesure, le baron Dupin. La cartographie est essentiellement quantitative. Très rares sont les concessions à d'autres modes de représentation : dans l'album de 1890-1891, l'*État général des principaux ports du globe*[27] montre bien une distinction en trois catégories qualitatives, exprimées par la variation de forme en implantation ponctuelle (figure 52), mais les variables différentielles n'interviennent généralement qu'en complément des variables quantitatives, comme nous le verrons plus loin. Enfin, on trouve également certains plans de réseaux, ainsi deux cartes des voies navigables en 1822 et 1887[28].

Cette rareté des cartes non quantitatives ne doit pas laisser croire que Cheysson considère les autres branches de la cartographie comme secondaires : dans une carte originale, l'*État de l'avancement des cartes à grande échelle dans les divers pays d'Europe*[29], Cheysson dresse le bilan des levés topographiques et s'inquiète du retard pris par la France. Sa conception de la cartographie est syncrétique : données statistiques, physiques ou générales se complètent et s'enrichissent. Le retard de la topographie porte ainsi préjudice à la statistique graphique. À la différence de Minard, Cheysson transcrit d'ailleurs les données thématiques sur des fonds de carte très précis et complets, sans déformations d'aucune sorte. Nonobstant les quelques exemples cités plus haut, on ne peut que constater le caractère envahissant des procédés quantitatifs, parfois même appliqués à des données traditionnellement figurées de toute autre manière. Ce « numérisme » se traduit assez peu par le système des paliers de valeur, qui domine pourtant l'ensemble de la production cartographique de la seconde moitié du siècle. Dans l'album, les deux systèmes principaux sont les bandes figuratives, et les cartogrammes, dont la variété et la complexité sont tout à fait étonnantes.

La bande figurative (ex-« zone teintée » de Minard) conserve des utilisations traditionnelles : pour la traduction de données brutes, elle est proportionnée aux trafics de voyageurs, de marchandises, ou de combustibles minéraux.

26. Album…, *1895-96, p. XV.*
27. *Planche 14.*
28. Album…, *1888, planche 9.*
29. Album…, *1882, planche 23.*

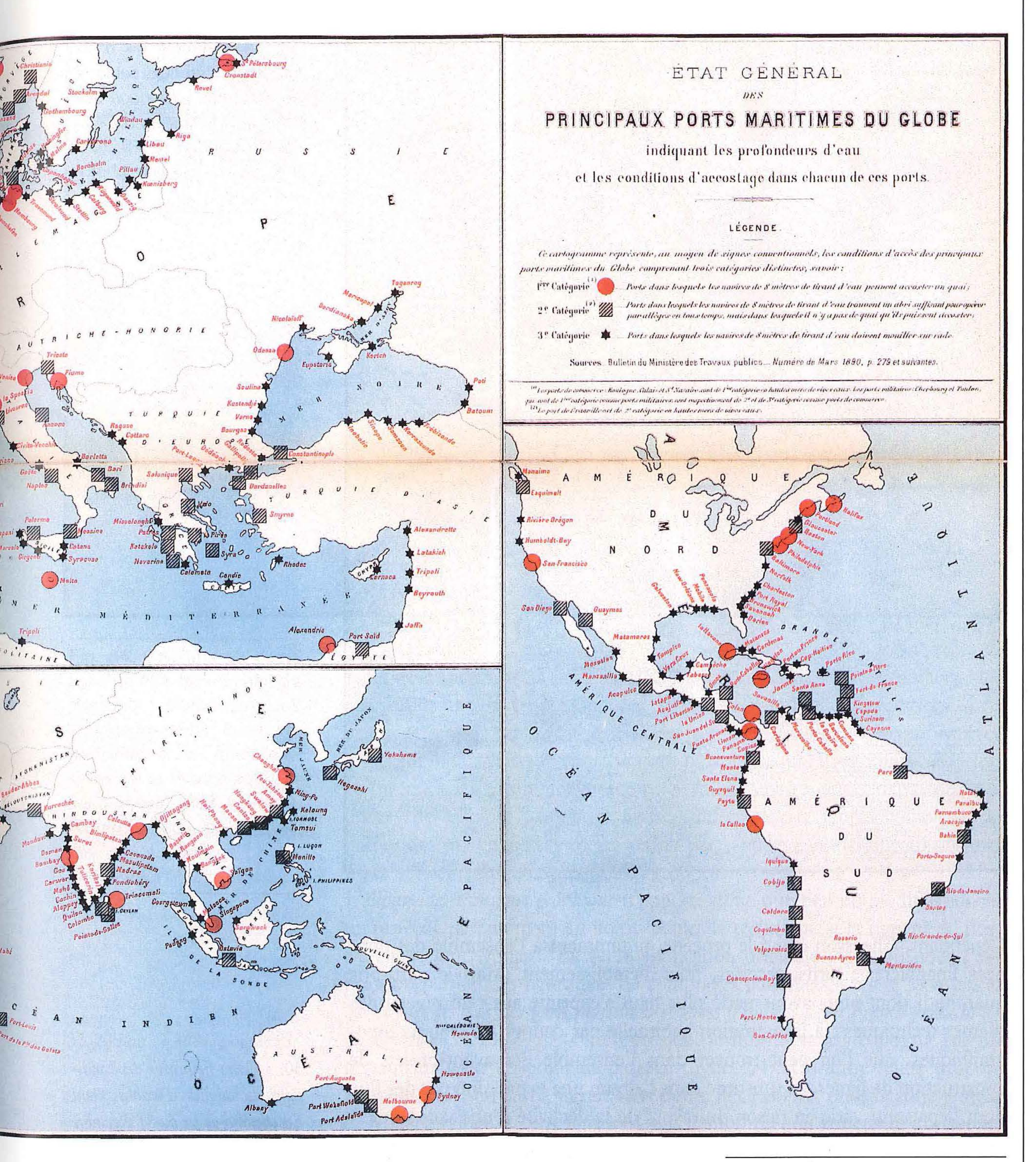


Fig. 52. État général des principaux ports du globe, *Album...*, 1890-91. (Cliché : B.N., Service photographique.)

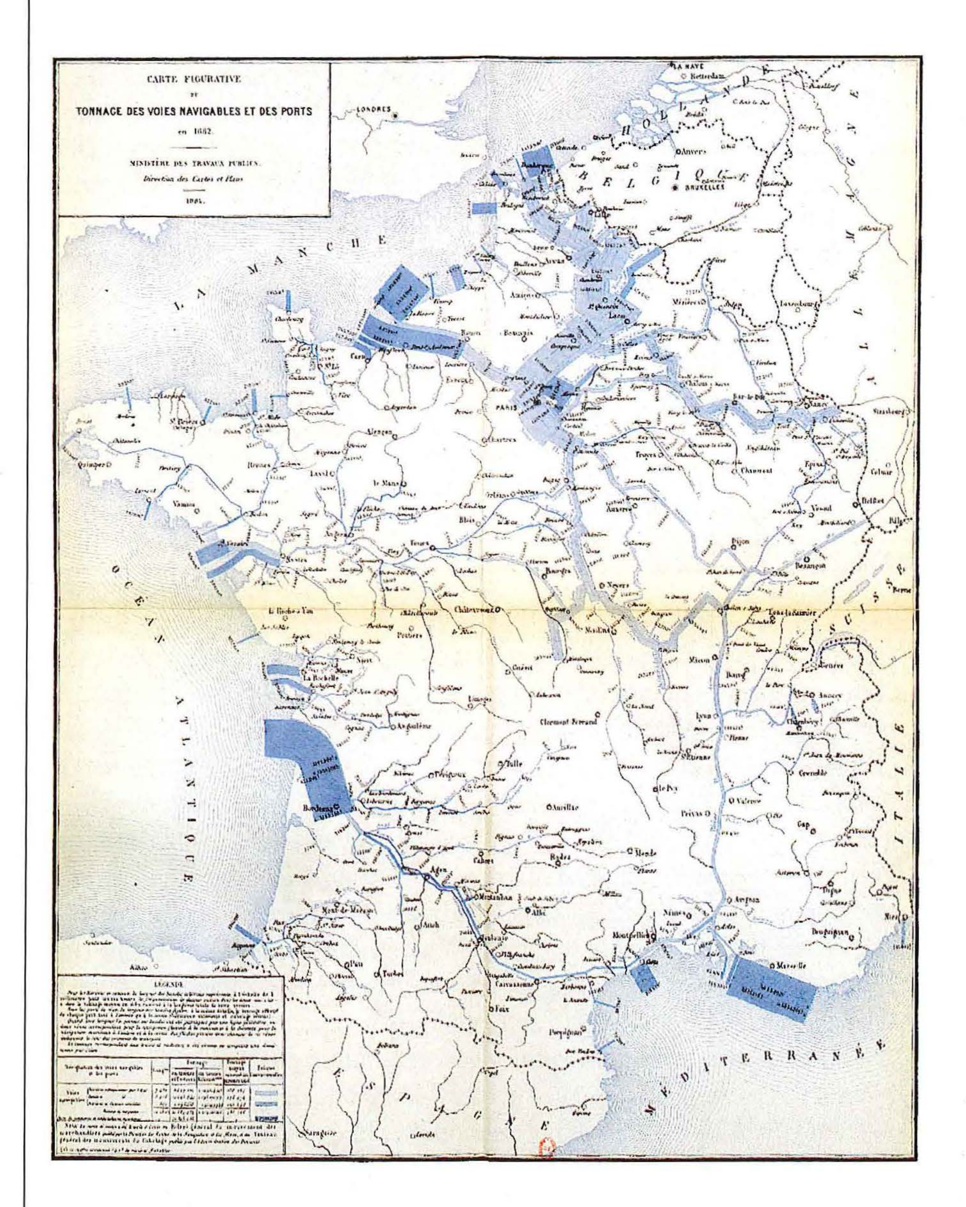


Fig. 53. Exemple de différenciation d'un flux, selon le type de trafic : *Tonnage des voies navigables en 1882…*, *Album…*, 1884, pl. 10. (Cliché : B.N., Service photographique.)

Cependant, Cheysson étend le procédé, notamment à l'ensemble des données financières : tarifs, recettes, frais d'établissement. Mais le parti-pris quantitatif dont nous avons parlé plus haut s'exprime aussi au niveau des thèmes techniques : à la figuration habituelle par coupes ou croquis topographiques, que l'on peut trouver dans l'ensemble des avant-projets de construction de lignes, sè substitue dans l'album une expression par des flux dont l'épaisseur varie en raison du rayon, de la déclivité d'une voie ferrée [30] ou de la profondeur des canaux [31]. La précision statistique croissante entraîne par ailleurs une recrudescence de ces distinctions qualitatives au sein des flux, que Minard avait introduites. Pour établir des comparaisons chronologiques, le flux peut être divisé selon deux nuances de couleur correspondant à l'intensité de la circulation à deux dates différentes [32]. On trouve également des différenciations selon le sens des trafics, les produits transportés, les

30. *« Carte figurative des conditions techniques d'établissement des chemins de fer au 31 décembre 1877 »,* Album…, *1880, planche 2.*

31. *« Carte figurative des conditions de navigabilité du réseau existant »,* Ibid., *planche 14.*

32. Album…, *1881, planche 4.*

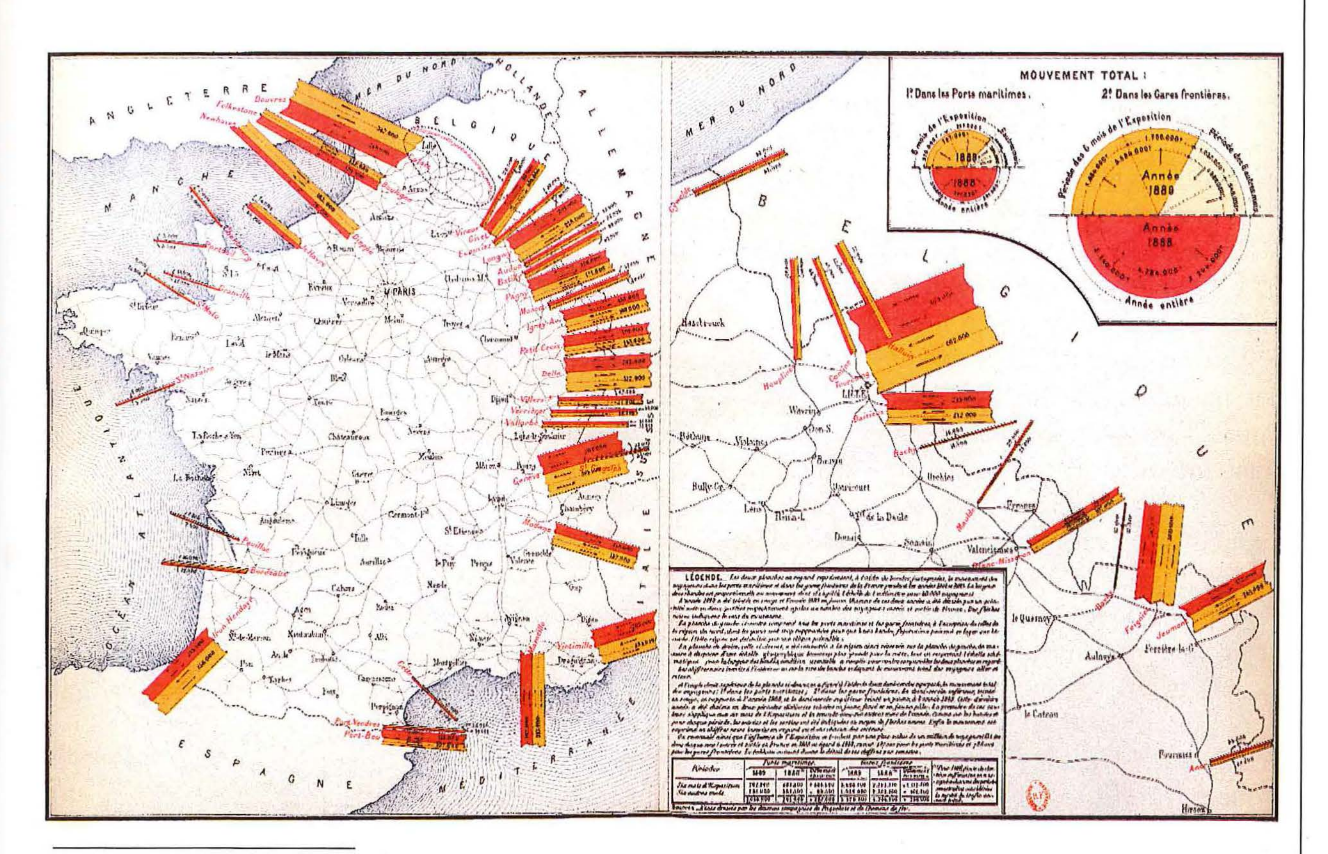


Fig. 54. Construction d'une ligne de flux sur un point de passage : *Mouvement des voyageurs dans les ports maritimes et les gares frontières de la France pendant les années 1888 et 1889, Album...*, 1889, pl. 23. (Cliché : B.N., Service photographique.)

types de trafic. Ainsi, à partir de 1884, plusieurs cartes des voies navigables établissent une décomposition des trafics (trafic intérieur, expéditions, arrivages, et transit, *cf.* figure 53) ou des tonnages marchands (combustibles minéraux, matériaux de construction, bois, métallurgie, produits agricoles, et divers). Cette complexité accrue se maintient toutefois dans certaines limites de lisibilité : avec six figures différentes, la représentation de la nature des marchandises est en retrait par rapport à la classification statistique officielle, qui comprend neuf groupes.

L'*Album de statistique graphique* n'apporte donc que peu de modifications à un procédé parfaitement au point. Seules la technique et la rigueur du dessin surpassent Minard. La seule application originale est selon nous l'expression par bandes figuratives de comptages ponctuels, avec le *Mouvement des voyageurs dans les ports maritimes et gares frontières de la France pendant les années 1888 et 1889*[33]. À cette occasion, le flux n'est pas construit sur un réseau, mais sur un point de passage (figure 54). Un autre figuré proportionnel, cercle ou carré, aurait sans doute fait l'affaire, mais la zone teintée de Minard véhicule, cette application le démontre, non seulement une valeur numérique, mais aussi la notion de mouvement.

Le *cartogramme*, ou série de diagrammes qualifiant un point ou une division de l'espace géographique, constitue une catégorie de représentations particulièrement privilégiée par Cheysson dans les albums, prenant même un caractère excessif. Ainsi, l'extension des voies ferrées en 1878 est exprimée, non pas par une carte de réseau, mais par un cartogramme où des dia-

33. Album..., *1889, planche 23.*

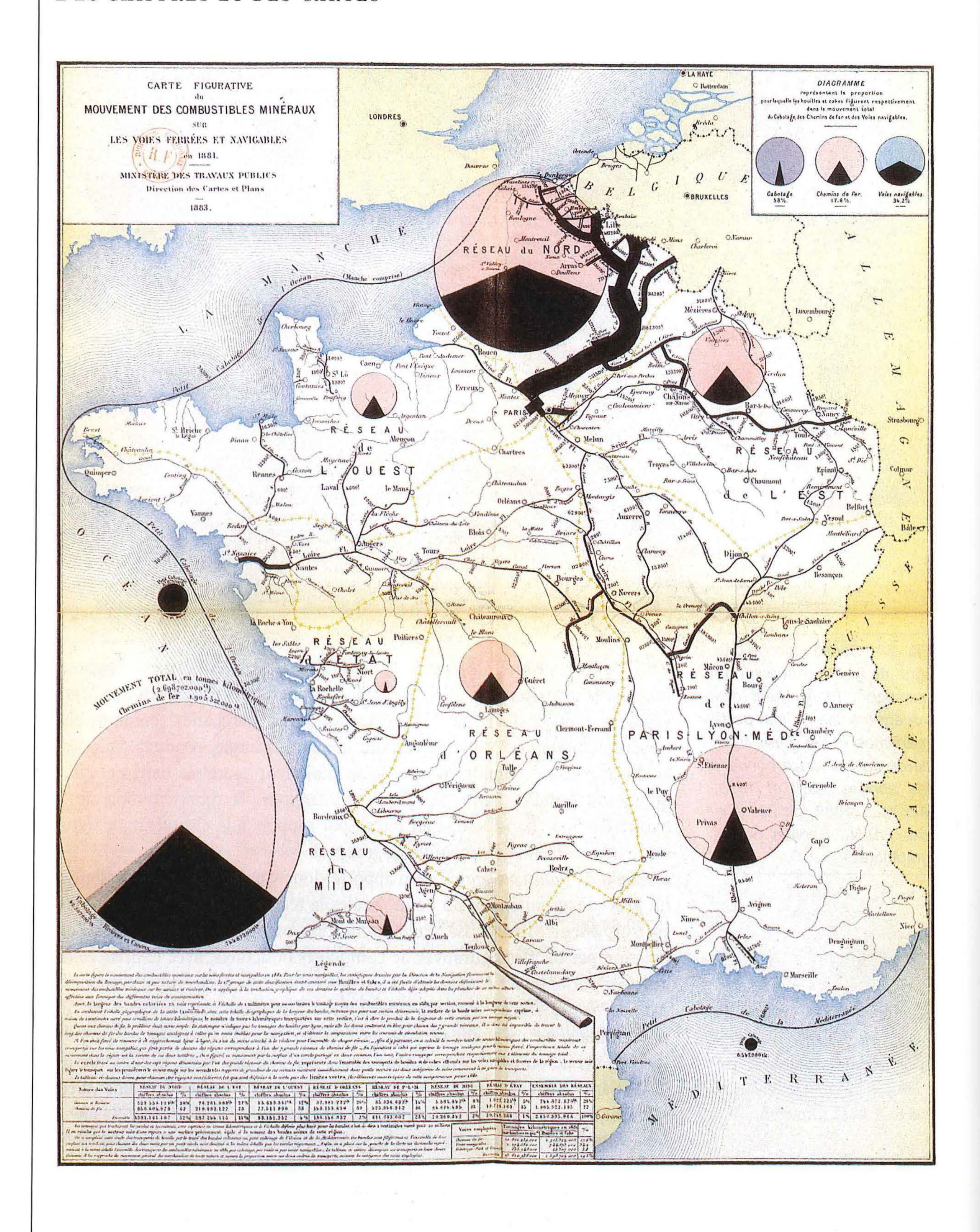

CARTE FIGURATIVE
du
MOUVEMENT DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX
sur
LES VOIES FERRÉES ET NAVIGABLES
en 1881.
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
Direction des Cartes et Plans
1883.
DIAGRAMME
représentant la proportion
pour laquelle les houilles et cokes figurent respectivement
dans le mouvement total
du Cabotage, des Chemins de fer et des Voies navigables.
Cabotage 38%
Chemins de Fer 17.6%
Voies navigables 34.2%
LA MANCHE
OCÉAN
BELGIQUE
ALLEMAGNE
SUISSE
ITALIE
MÉDITERRANÉE
RÉSEAU du NORD
RÉSEAU de L'OUEST
RÉSEAU de L'EST
RÉSEAU de L'ÉTAT
RÉSEAU d'ORLÉANS
RÉSEAU de PARIS-LYON-MÉDᵉ
RÉSEAU du MIDI
MOUVEMENT TOTAL en tonnes kilométriques
Chemins de fer
LONDRES
LA HAYE
BRUXELLES
PARIS
Légende

Fig. 55. Diagrammes circulaires à composantes différentielles : *Carte figurative du mouvement des combustibles minéraux (...) en 1881, Album...*, 1883, pl. 22. (Cliché : B.N., Service photographique.)

grammes circulaires proportionnels traduisent la longueur de voies par département [34]. Curieusement, une information « en deux dimensions » est donc transposée en une troisième. Ceci illustre l'artificialité de nombreuses cartes statistiques : les informations spatiales (relations, dessin et densité des voies de communication) sont exclues au profit d'une information quantitative figurée dans un cadre administratif, dont l'intérêt est discutable. De telles représentations valorisent le nombre pour le nombre, et relèvent du procédé. L'avantage des cartogrammes est d'autant moins net que nous avons pu mesurer, dans notre troisième chapitre, leurs limites en matière d'efficacité visuelle. Ils sont difficilement lisibles, excepté s'ils traduisent une information de peu de composantes. Si c'est parfois le cas dans l'album, beaucoup plus souvent, l'information est extrêmement riche, ce qui commande la construction de diagrammes d'une rare complexité.

Le procédé le plus simple, qui met en relation un figuré proportionnel unique avec une seule variable quantitative, est très peu représenté, malgré son évidence de lecture, par l'appréciation directe d'un rapport de surfaces teintées. On ne le retrouve, associé aux bandes proportionnelles des flux, que dans quelques planches de fondation, ainsi dans l'album de 1880 les *Frais de premier établissement des voies navigables et des ports au 31 décembre 1877* [35] et la carte des *Recettes des tramways, bateaux, omnibus et du chemin de fer de ceinture en 1878* [36]. Il se traduit par la construction de cercles proportionnels, respectivement aux sommes engagées pour les constructions portuaires, et à la fréquentation des gares. Ainsi que le faisait Minard, les cartographes de l'album évitent tout chevauchement des figurés, mais en s'abstenant cette fois-ci de toute déformation de l'espace topographique : ils jouent sur les échelles des signes, ou ménagent des cartons pour les quantités exceptionnelles.

L'album présente beaucoup plus fréquemment l'adjonction de composantes différentielles à l'information quantitative, en reprenant le procédé des secteurs de cercle. La *Carte figurative du mouvement des combustibles minéraux* de l'album de 1883 [37] en présente un exemple classique (figure 55). On retrouve également la figuration connexe de deux variables quantitatives sous des formes diverses : demi-cercles inclus (tonnage total et tonnage moyen des ports français) demi-cercles opposés (recettes et dépenses d'exploitation des chemins de fer du monde), divisions d'un carré (marchandises et voyageurs expédiés depuis les stations de chemin de fer), etc. Cheysson, loin de se limiter à deux composantes en sus de la composante géographique, ce qui constitue une limite de perception, fait dresser un grand nombre de cartogrammes exhaustifs qui apparaissent comme autant d'aberrations graphiques : leur lecture est d'un « coût mental » au moins égal à celui des tableaux de chiffres, et le rapprochement des figurés sans aucune efficacité. Les données ne sont accessibles qu'au niveau élémentaire de la lecture, par diagramme, après la mémorisation de légendes complexes. Ces diagrammes peuvent revêtir un aspect classique, participant de l'orthogonal et du circulaire. Les deux exemples des figures 56 et 57 traduisent sous cette forme quatre et cinq composantes différentes.

La carte de l'utilisation du sol issue du recensement agricole de 1882 [38] et les planches de l'album de 1892 consacrées à « la grande vitesse » multiplient,

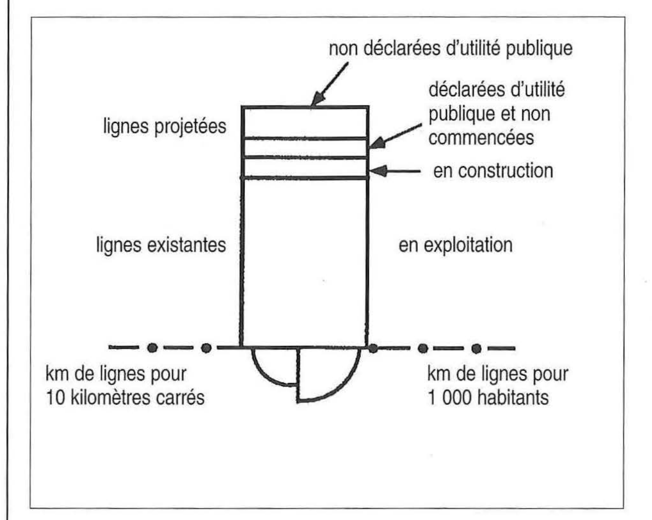
34. Album..., *1880, planche 1. Pour chaque département est construit un diagramme qui comporte un demi-cercle supérieur, de rayon 0,025 m pour 1 200 km de voies, divisé en secteurs suivant la part relative des routes, chemins de fer et voies navigables, et deux quarts de cercle inférieurs, respectivement proportionnels à la superficie et à la population du département.*

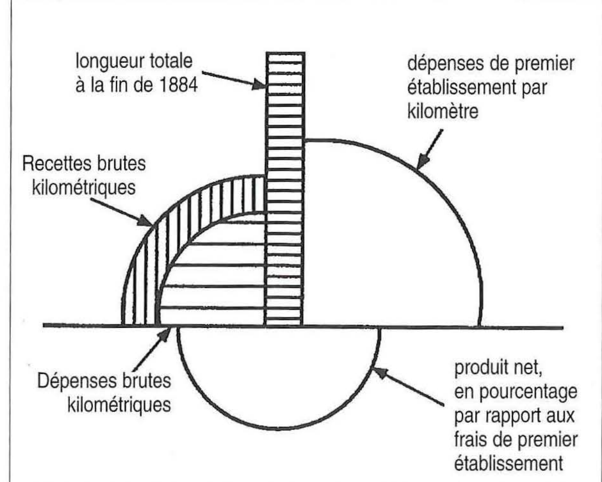
35. *Planche 4.*

36. *Planche 12.*

37. *Planche 22.*

38. Album..., *1886, planche 15.*





Précisions : Le rectangle est d'une hauteur proportionnelle à la longueur du réseau ferré départemental (0,005 m pour 100 km). Les 1/4 de cercle sont construits à l'échelle de 0,005 m de rayon pour 1 km de longueur comparative.

« Carte figurative du développement des chemins de fer d'intérêt général au 1er août 1880. » *Album de statistique graphique*, 1881, pl. 16.

Précisions : Le rectangle vertical exprime la longueur totale du réseau de tramways exploitée à la fin de 1884 : 0,05 m pour 100 km. Les deux 1/4 de cercles à gauche traduisent les recettes brutes kilométriques (en rose) et les dépenses brutes kilométriques (en bleu) : 1 cm carré pour 25 000 F. Le rapport de ces deux 1/4 de cercles indique s'il existe un déficit ou un produit net. Le 1/4 de cercle en haut à droite, bleu foncé, figure à la même échelle les dépenses de premier établissement par kilomètre. Dans la partie inférieure, le 1/2 cercle est proportionnel au produit net exprimé en pourcentage par rapport aux frais de premier établissement. Il est rouge (produit positif) ou noir (produit négatif).

« Résultats d'exploitation des tramways de la France. Résultats comparatifs par département. » *Album de statistique graphique*, 1885. Diagramme type, correspondant au département moyen.

Fig. 56. Types de diagrammes à composantes multiples.

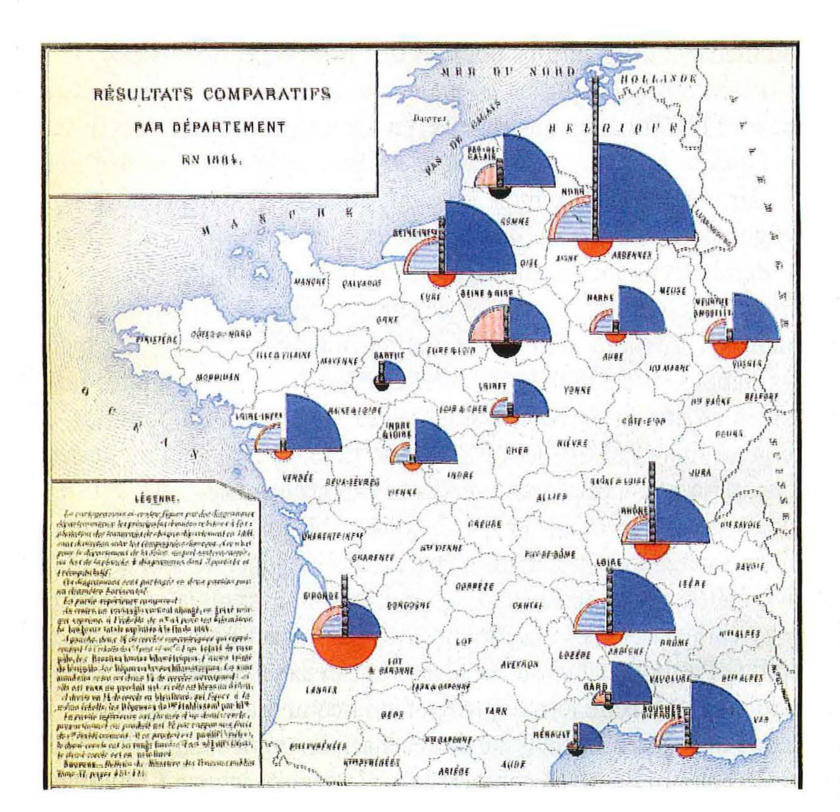


Fig. 57. *Résultats d'exploitation des tramways de la France. Résultats comparatifs par département. Album...*, 1885, extrait. (Cliché : B.N., Service photographique.)

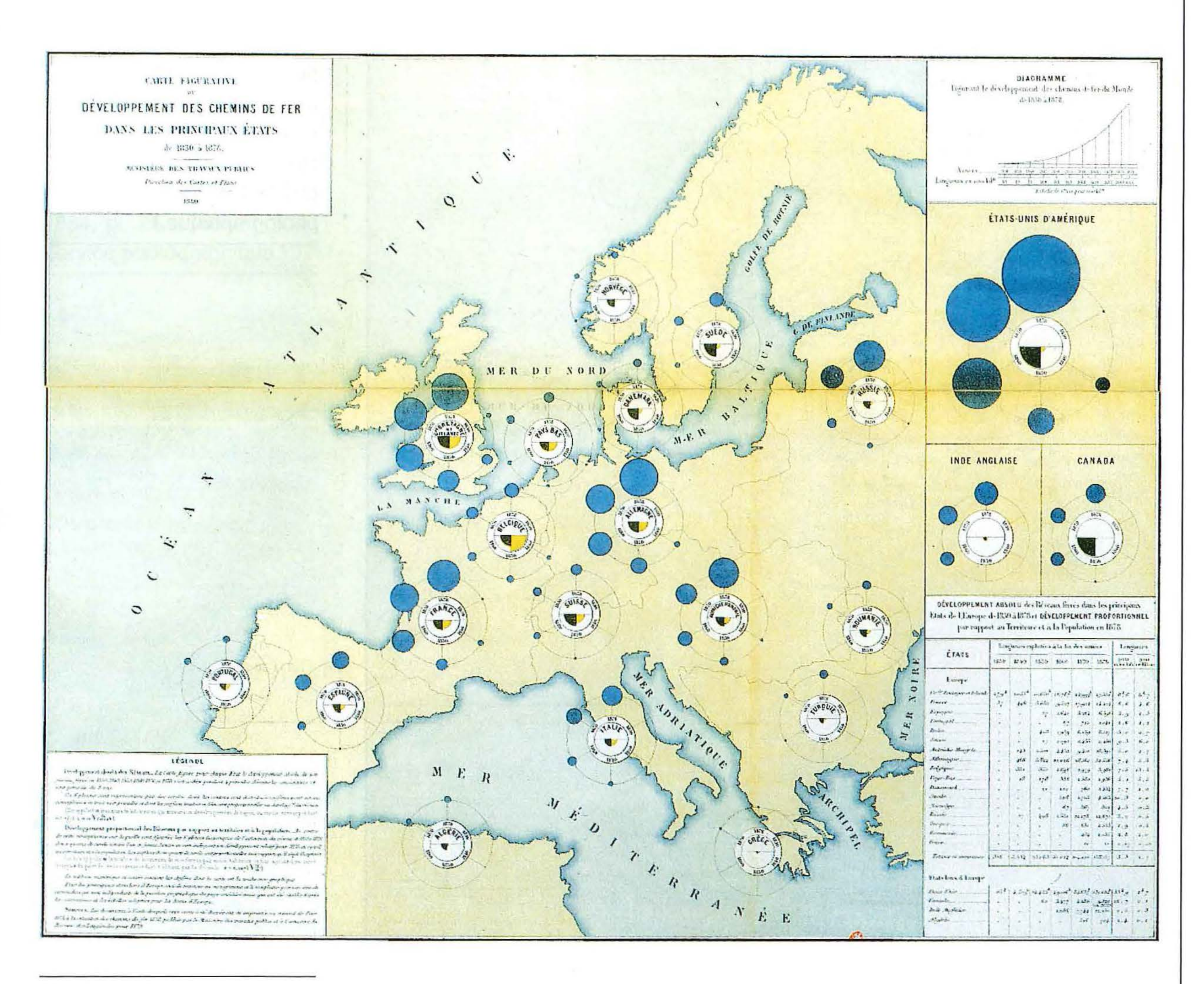


Fig. 58. « Diagrammes planétaires », *Carte figurative du développement du chemin de fer dans les principaux États de 1830 à 1878, Album...*, 1880, pl. 16. (Cliché : B.N., Service photographique.)

39. *Rappelons que l'on appelle* longueur *d'une composante ou d'une variable le nombre d'éléments ou de catégories qu'elle permet d'identifier. Voir J. Bertin, 1967, p. 9.*

non pas les composantes de l'information, mais la longueur[39] des variables qualitatives : dans le premier cas, un demi-cercle départemental, proportionnel aux superficies agricoles, est divisé en sept secteurs de couleurs différentes, selon la part des terres labourables, vignes, prés et herbages, bois et forêts, cultures diverses, landes et terres incultes, et territoires non agricoles ; dans le second cas, les cartes expriment l'importance des recettes ou du nombre des voyageurs : plusieurs diagrammes sont construits, qui correspondent aux différentes compagnies de chemin de fer (première composante), proportionnellement aux nombre de voyageurs ou à la somme des recettes (seconde composante). Ils sont divisés en fonction du tarif ou de la classe (troisième composante, de longueur 2 – tarif complet, tarif réduit, ou 3 – première, seconde, et troisième classe).

L'incessante exploration des possibilités de la graphique, conduite dans l'album, donne lieu toutefois à l'élaboration de figures d'une inventivité sans commune mesure avec la pratique habituelle, notamment lorsqu'il s'agit d'exprimer une évolution chronologique des données statistiques. C'est le cas pour ce que nous désignerons comme les « diagrammes satellitaires » : sur le

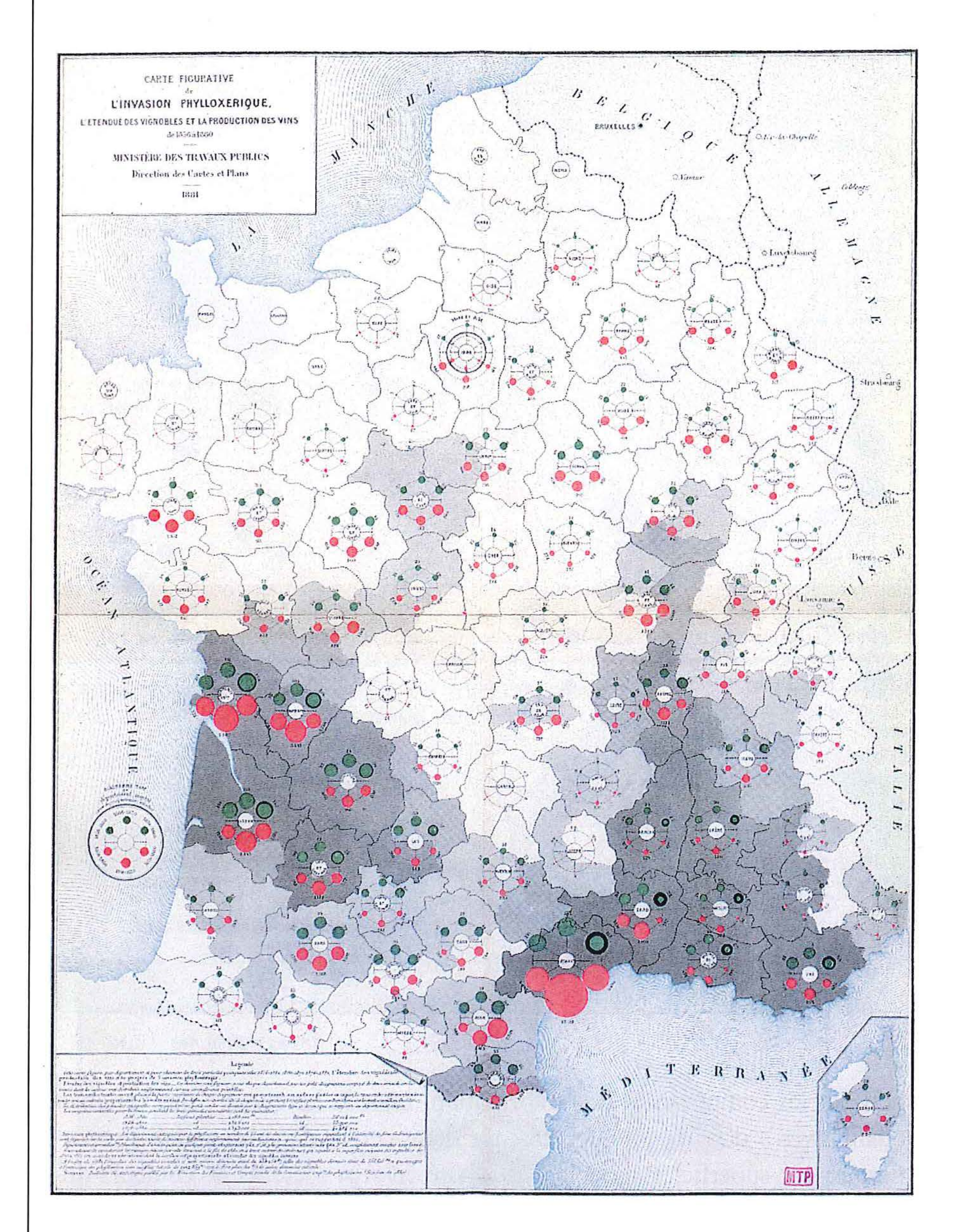


Fig. 59. « Diagrammes planétaires », *Carte figurative de l'invasion phylloxérique…*, *Album…*, 1881, pl. 21. (Cliché : B.N., Service photographique.)

point à qualifier est construit un premier figuré proportionnel à une ou deux données. Mais autour de ce point gravitent *n* autres cercles proportionnels à une autre donnée quantitative, considérée à *n* dates successives. Ainsi pour la *Carte figurative du développement du chemin de fer dans les principaux États de 1830 à 1878*[40], la figure centrale indique le développement du chemin de fer relativement au territoire et à la population de chaque état, tandis qu'autour de cette figure s'inscrivent des cercles satellites de surface proportionnelle au développement du réseau en 1830, 1840, 1850, 1860, 1870 et 1878 (figure 58). Dans l'album de 1881, les ravages du phylloxera sont exprimés d'une manière semblable : autour du foyer départemental sont construits six nouveaux cercles : trois cercles verts proportionnels aux surfaces plantées en vigne à trois dates successives, et trois cercles rouges qui sont fonction de la récolte

40. Album…, *1880, planche 16.*

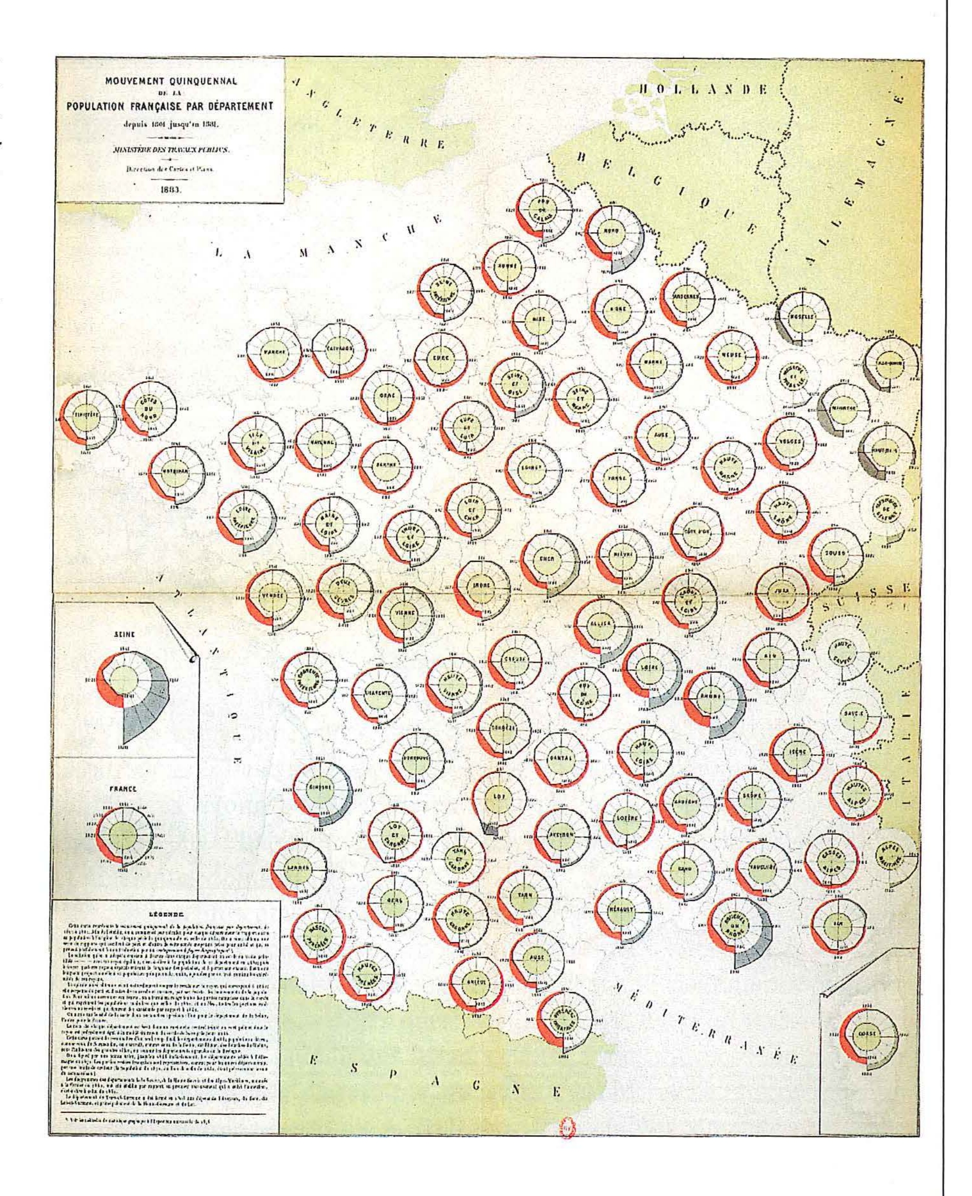


Fig. 60. « Diagrammes hélicoïdaux », *Mouvement quinquennal de la population par département depuis 1801 jusqu'en 1881, Album…*, 1884, pl. 25. (Cliché : B.N., Service photographique.)

de vin aux mêmes dates. Une auréole noire autour du troisième cercle vert précise encore la surface de vignoble détruite (figure 59).

Non moins compliqués apparaissent certains diagrammes affectant une forme de spirale, employés pour le *Mouvement quinquennal de la population française par département de 1801 à 1881*[41]. Ils reposent sur le calcul, pour chaque département, des rapports entre la population du département à l'origine de chaque période quinquennale (1801, 1806, 1811, etc., jusqu'à 1881) et la population du département en 1841. Pour chaque diagramme est décrit un cercle pointillé de rayon égal à 1, correspondant à la population de 1841. Puis on trace 14 rayons espacés régulièrement correspondant aux différentes années considérées, dont la longueur est proportionnelle au rapport calculé. En joignant l'extrémité de ces rayons d'un trait continu, on obtient une spirale, sécante au cercle pour 1841. La surface comprise entre le cercle pointillé et la spirale est teintée en rouge, lorsque la spirale est en deça du cercle, et en bleu lorsqu'elle est exté-

41. Album…, *1884, planche 25.*

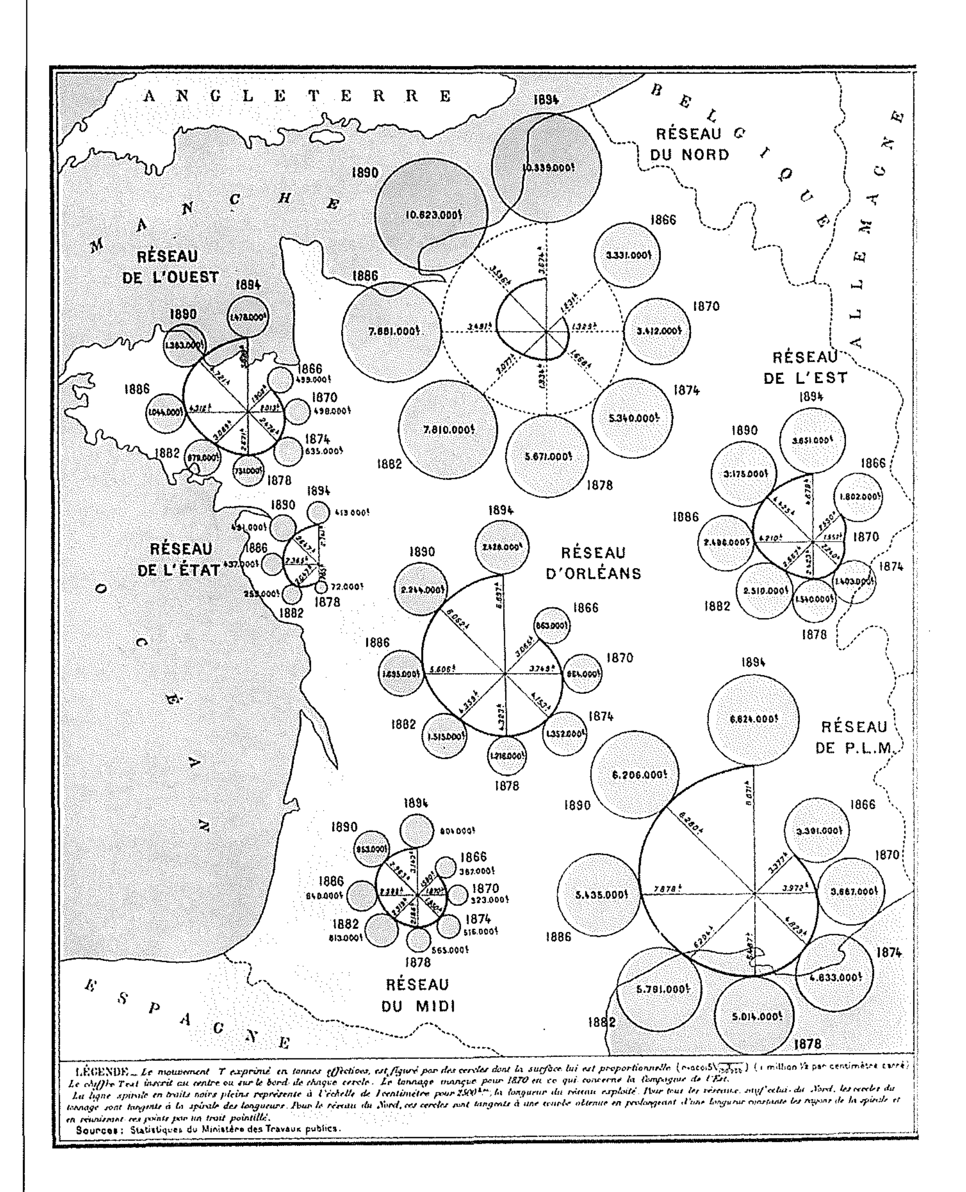
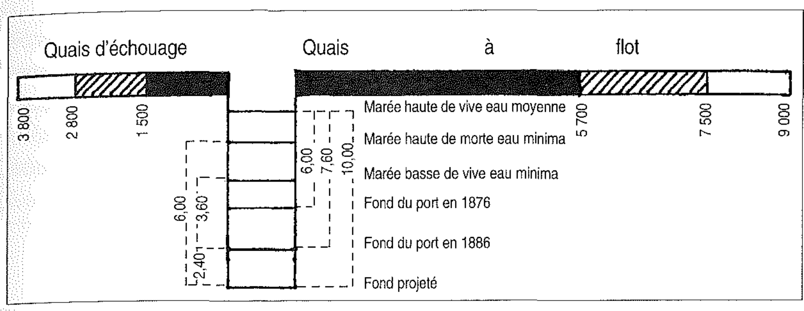


Fig. 61. *Mouvement des principales marchandises en France par période quadriennale, I. Combustibles minéraux, Album…*, 1895-96, pl. 9. (Cliché : B.N., Service photographique.)

rieure au cercle (figure 60). La lecture de la forme et des couleurs est assez révélatrice, pour chaque diagramme, des évolutions démographiques : les profils se rapprochant de la forme circulaire indiquent une croissance faible, ceux qui prennent une forme hélicoïdale plus prononcée expriment une croissance forte (Seine, Rhône). Enfin, la répartition du bleu ou du rouge confirme la croissance, les déficits ou la stabilité démographique sur la période envisagée.

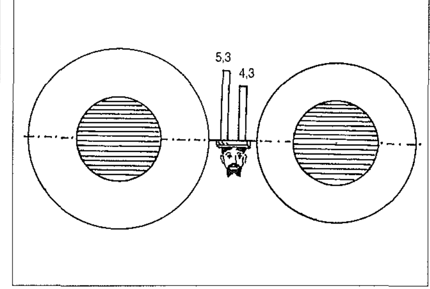
Les deux types de diagrammes que nous avons décrits sont même associés, en 1896, pour illustrer le mouvement des principales marchandises en France par période quadriennale[42]. La spirale joint des traits d'une longueur proportionnelle à la longueur des voies ferrées exploitées à huit dates successives, et huit cercles proportionnels aux tonnages transportés à ces mêmes dates sont construits autour de cette spirale (un diagramme par réseau – P.L.M., réseau de l'ouest, etc., exemple en figure 61). Mentionnons encore, comme derniers exemples des vastes ressources d'imagination des concep-

42. Album…, *1895-1896, planche 9.*



[Pour chaque port, le diagramme se présente sous l'astect d'une coupe transversale du bassin. Il figure la profondeur du port et le développement des quais (cotes en mètres). La profondeur est donnée par rapport à trois cotes (une seule pour les ports méditerranéens). Le développement des quais est représenté par les bandes horizontales : en noir, quais antérieurs à 1876 ; en hachures, l'allongement 1876-1886 ; en blanc, l'allongement projeté. (Sur les diagrammes originaux, les parties projetées apparaissent en rouge.)]

« Conditions d'exploitation des principaux ports maritimes français », *Album...*, 1888, pl. 18, diagramme-type pour un port à marée.



[L'histogramme gauche donne le nombre de tonnes de marchandises transportées par voir ferrée par tête d'habitant ; l'histogramme droit, le nombre de voyageurs transportés par voie ferrée par tête d'habitant ; chaque cercle hachuré est proportionnel à la population, les cercles gauche et droit sont respectivement proportionnels au nombre de tonnes de marchandises et au nombre de voyageurs transportés à toutes distances.]

« Mouvement sur les chemins de fer du monde pendant l'année 1883 », *Album...*, 1885, pl. 7, diagramme de l'Allemagne.

Fig. 62. Exemples de diagrammes de l'*Album de statistique graphique*.

teurs de l'*Album*, le cartogramme des *Conditions d'exploitation des principaux ports maritimes français*[43] qui ne traduit pas moins de onze données quantitatives par diagramme, ou les constructions par tête d'habitant des *Mouvements sur les chemins de fer du monde en 1883*[44] dans lesquelles l'analogie opère un curieux retour dans la représentation abstraite, puisqu'est vraiment dessinée la « tête d'habitant », soutenant des rectangles et cercles proportionnels à différentes données (figure 62) !

De telles représentations, quelle que soit leur inventivité, apparaissent à la limite de la cartographie. Superpositions exhaustives, elles nécessitent la perception et la comparaison d'autant d'images que de diagrammes pour pouvoir obtenir des réponses aux questions de localisation d'un caractère précis. Ces « diagrammes saupoudrés sur une carte[45] » sont souvent inutiles. En lecture élémentaire, par diagramme, un tableau de chiffres est plus précis et sans doute plus rapide à consulter. En lecture d'ensemble (comparaisons géographiques) le cartogramme n'apporte aucune indication immédiate. En fait, la présence d'un fond de carte est trompeuse. Il ne s'agit que d'un cadre artificiel de représentation, éventuellement éliminé en fonction des contraintes du support : sur une même planche de l'album coexistent parfois des diagrammes en carton, sans fond topographique, et d'autres en place sur un fond. La *Carte figurative des chemins de fer des principaux états de 1830 à 1878* présente ainsi des diagrammes planétaires sur une carte d'Europe, et trois diagrammes isolés en cartons, pour les États-Unis, l'Inde et le Canada. On peut ainsi mesurer la quasi-équivalence des deux méthodes : en fait, la « spatialisation » du diagramme ne fait ressortir aucune nouvelle information essentielle.

43. Album..., *1888, planche 18.*

44. Album..., *1885, planche 7.*

45. *J. Bertin, 1977, p. 155.*

LES AUTRES PROCÉDÉS GRAPHIQUES

Aucune carte par paliers de valeur n'est présentée en planches de fondation. Ce procédé est employé irrégulièrement, à l'occasion par exemple des recensements routiers ou du recensement agricole. Construites par département, ces illustrations reposent le plus souvent sur le calcul de l'écart à la moyenne,

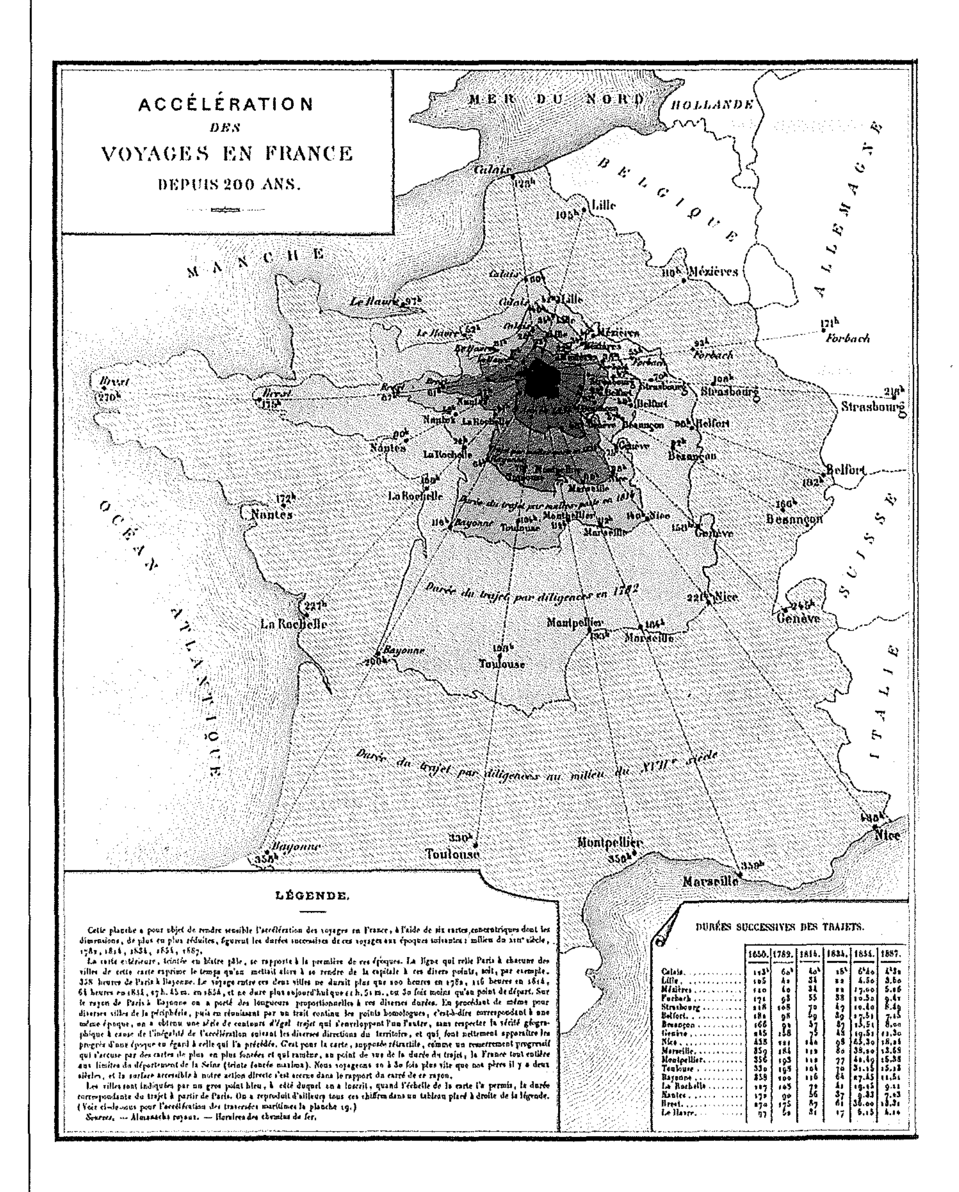
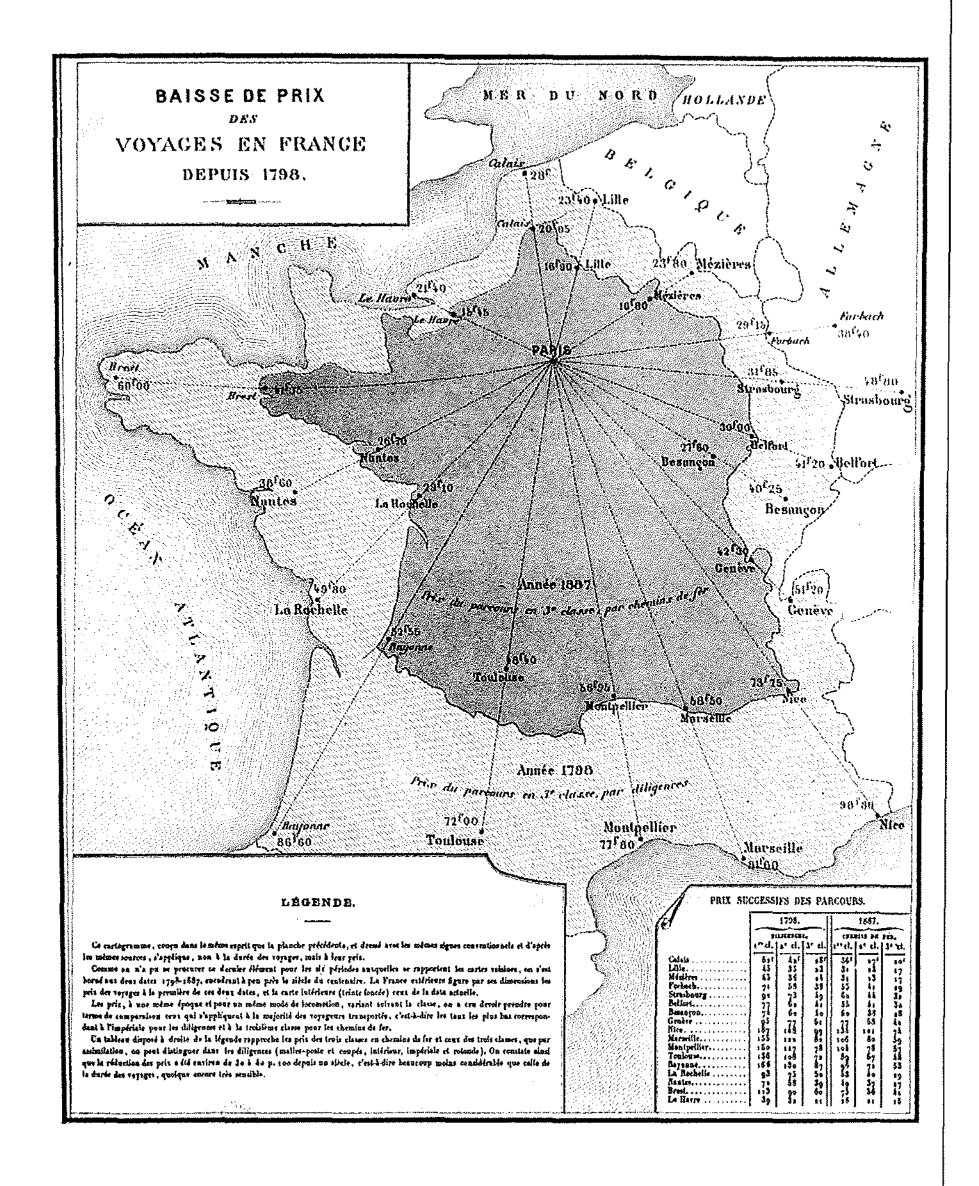


Fig. 63. Anamorphose cartographique. *Accélération des voyages en France depuis 200 ans, Album...*, 1888, pl. 8. (Cliché : B.N., Service photographique.)

méthode mise au point par le belge Adolphe Quételet : au-delà de la diversité de leurs objets, la série numérique qui leur sert de base est obtenue par le rapport d'une moyenne départementale à la moyenne nationale[46]. Cette suite de rapports est classée, selon son écart à l'unité, en sept groupes, comprenant un groupe central, trois groupes inférieurs et trois groupes supérieurs. « La surface des départements qui correspond au groupe central reste blanche. Celle des groupes supérieurs reçoit une teinte jaune, et celle des groupes inférieurs une teinte rouge. Chacune de ces deux teintes est elle même distinguée en trois nuances, qui se foncent avec l'intensité de l'écart. On reconnaît ainsi d'un seul coup d'œil à leur teinte blanche tous les départements dont la situation est normale, pendant que l'attention est spécialement éveillée sur les anomalies que dénoncent les nuances rouges et jaunes les plus foncées[47]. » Curieusement, le choix de ces couleurs n'est pas entièrement arbitraire : il a été déterminé par les teintes en usage dans les rédac-

46. *L'écart est égal à (D - M / M), D étant la moyenne du département et M la moyenne nationale.*

47. Album..., *1883, p. VIII.*



	1798.			1887.		
	DILIGENCES.			CHEMINS DE FER.		
	1re cl.	2e cl.	3e cl.	1re cl.	2e cl.	3e cl.
Calais	51f	42f	28f	36f	27f	20f
Lille	43	35	23	31	23	17
Mézières	43	35	24	31	23	17
Forbach	71	59	38	55	41	29
Strasbourg	91	73	49	62	46	31
Belfort	77	62	41	55	41	30
Besançon	74	62	40	60	39	25
Genève	93	77	51	77	58	42
Nice	187	149	98	134	101	74
Marseille	155	125	82	106	80	59
Montpellier	150	117	78	101	75	57
Toulouse	136	108	72	89	67	48
Bayonne	166	130	87	95	71	53
La Rochelle	93	75	50	53	40	29
Nantes	71	55	39	49	37	27
Brest	113	90	60	73	56	41
Le Havre	39	32	21	28	21	15

Fig. 64. Anamorphose cartographique. *Baisse de prix des voyages en France depuis 1798, Album...*, 1888, pl. 8. (Cliché : B.N., Service photographique.)

tions des projets de voie : « on sait en effet que dans les profils en long de ces voies, le jaune exprime les parties de terrain situées au-dessus de l'axe et dès lors les excédents à déblayer, tandis que le rouge exprime les bas-fonds au-dessous de l'axe, c'est-à-dire les déficits à remblayer[48]. » Près de soixante ans après la carte de Dupin, on cherche toujours à motiver le symbolisme de la carte teintée. Il est toutefois fait appel à une habitude perceptive peu partagée, du ressort de la pratique des seuls ingénieurs. Les cartes du recensement agricole traduisent ainsi les différentes surfaces en froment, cultures fourragères ou cultures industrielles, pour 100 hectares ou 100 habitants, ou encore les productions par hectare, par habitant, par cultivateur...

La méthode des écarts à la moyenne présente l'avantage, selon Cheysson, de permettre la comparaison de toutes les cartes, en ramenant des séries numériques variées à une même échelle de sept groupes de chiffres exprimés par sept teintes. On ne pouvait en effet, d'après Cheysson, « donner la même

48. Ibid.

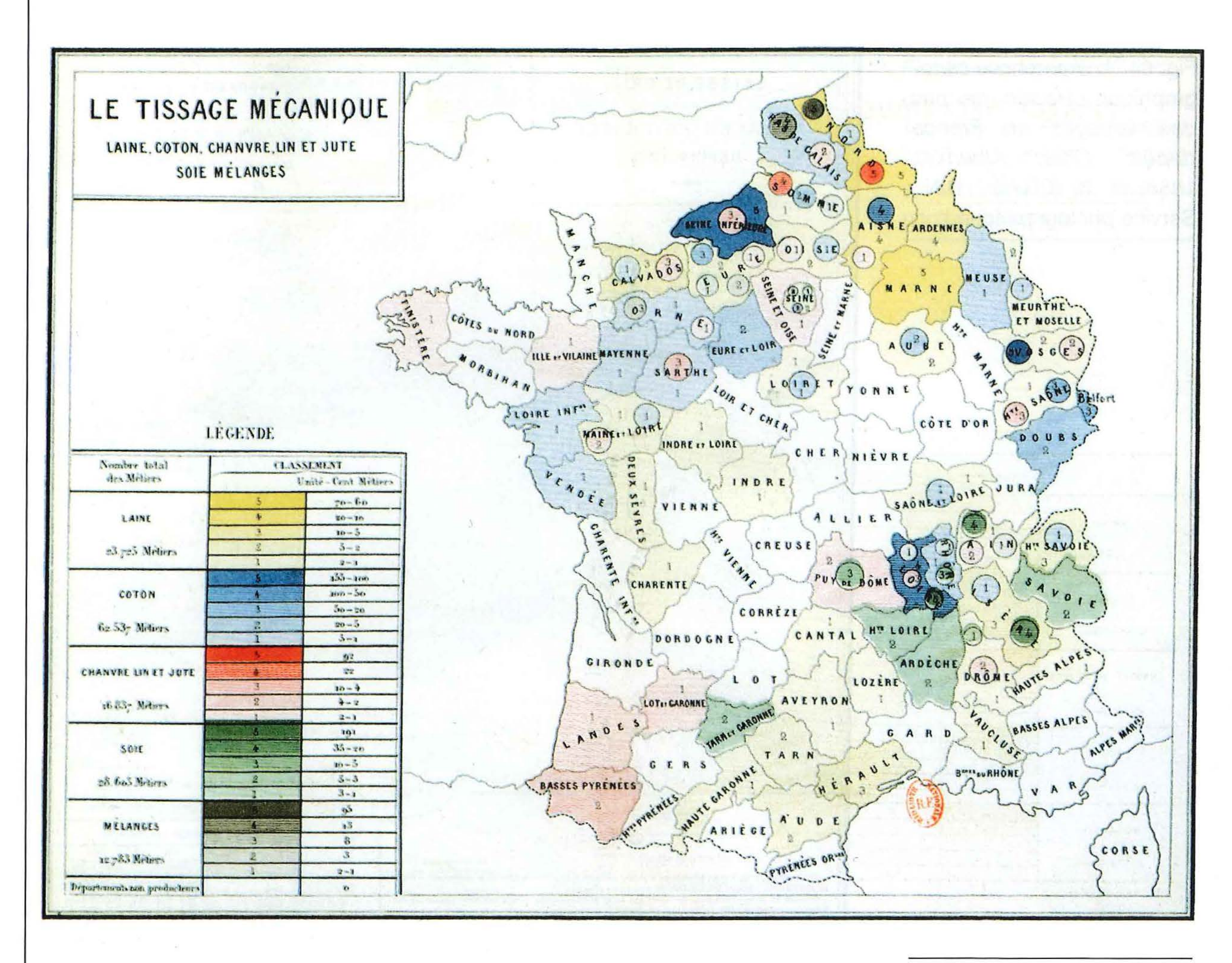


Fig. 65. *Statistique sommaire des industries principales en 1873*, 1874, carte n° 3. (Cliché : B.N., Service photographique.)

importance graphique à des faits de très inégale intensité », tandis qu'ainsi les teintes ont une même signification statistique pour toutes les cartes. Il semble ici que privilégier la comparaison de phénomènes différents pour un même espace fasse passer au second plan l'objet premier d'une carte thématique, la comparaison des espaces pour un même phénomène, c'est-à-dire la lecture des variations d'intensité d'un phénomène selon les régions de la carte. Or, le fait qu'un même écart à la moyenne, donc une même teinte, puisse représenter pour deux cartes différentes, 10, 30 ou *n* % de la surface agricole, par exemple, affaiblit la perception des intensités effectives de chaque phénomène, pour chaque carte. La règle de la même importance graphique pour les faits de même intensité doit en fait s'appliquer au sein d'une même carte. D'autre part, ne faut-il pas que le nombre des paliers s'adapte à la série statistique, plutôt que l'inverse ?

Si la solution classique de la carte teintée est peu utilisée dans l'album, c'est surtout, nous l'avons vu, au profit des cartes de flux et des cartogrammes, adaptés avec plus ou moins de créativité. Néanmoins, le procédé le plus frappant de Cheysson est sans conteste l'anamorphose cartographique. Son application, quoique limitée à trois cartes de l'*Album de statistique graphique*

de 1888, est très originale : il ne s'agit plus, comme le faisait Minard, de faire subir des déformations à l'espace géographique en raison de contraintes liées à l'expression d'un thème (épaisseur d'un flux, ou taille d'un cercle proportionnel). Ici c'est le thème qui est exprimé par la déformation géographique. Avec l'anamorphose cartographique, la surface délimitée sur le papier n'est plus proportionnelle à la surface géographique, mais à une donnée statistique. On tente cependant dans la représentation de préserver une silhouette géographique identifiable, en conservant certaines positions géographiques relatives. Cheysson dresse tout d'abord selon cette méthode une carte de l'accélération des voyages en France depuis 200 ans [49]. À partir de Paris sont construites des droites en direction des principales villes périphériques, et sur chacune d'elles sont portées six distances proportionnelles au temps de trajet entre Paris et ces villes, à six époques différentes : le milieu du XVIIe siècle, 1782, 1814, 1834, 1854 et 1887 [50]. La réunion de tous les points correspondant à une même époque dessine une série de cartes de France anamorphosées et concentriques. L'effet visuel produit par ces cartes-gigognes, rehaussées d'une teinte de plus en plus foncée en fonction de leur succession chronologique, est spectaculaire. On voit ainsi le territoire français se réduire comme une peau de chagrin, suivant la réduction parallèle de la durée des voyages, et l'expressivité des variables utilisées, la taille et la valeur en redondance, apparaît excellente (figure 63).

49. Album..., *1888, planche 8.*

50. *Les sources de cette carte sont assez diverses, comprenant par exemple les almanachs royaux et les horaires des chemins de fer.*

Cheysson reprend la méthode pour exprimer la baisse du prix des voyages en France depuis 1798 [51], cette fois-ci en deux cartes concentriques, tout aussi démonstratives, en ce qui concerne la faiblesse des gains financiers pour le voyageur (figure 64). Enfin, sur ce même modèle est réalisée une anamorphose correspondant à l'accélération des traversées maritimes entre les côtes de France et divers pays [52], qui montre l'avancée des traits de côte de ces pays vers le territoire français, toujours en fonction de la durée des voyages. Nous nous trouvons une nouvelle fois à la limite d'un message proprement cartographique, dans la mesure où la « constance universelle » du champ géographique disparaît avec l'anamorphose, ce qui en règle générale trouble les habitudes d'identification. Ici, cependant, les inégalités de la variable sont remarquablement soulignées, sans trouble majeur pour l'identification géographique. Ce travail de Cheysson peut apparaître nettement supérieur à bien des anamorphoses modernes, qui traduisent les divisions géographiques par des figures géométriques proportionnelles, juxtaposées selon une continuité géographique approximative.

51. Album..., *1888, planche 8.*

52. Ibid., *planche 19.*

L'*Album de statistique graphique*, publication coûteuse, cesse de paraître en 1899. Ses dix-sept livraisons constituent une somme considérable, représentant plus de 260 planches cartographiques. L'hétérogénéité de leur contenu comme leur inégale efficacité exclut tout jugement global. Cependant, l'enrichissement de l'information et du langage graphique révèle la priorité donnée par les auteurs de l'*Album* à la figuration exhaustive, au détriment de la communication graphique. La carte est un moyen terme entre une information potentielle et une information restituée, effectivement transmise, et peut toujours être appréciée à partir de l'une ou de l'autre. Ici, la connaissance

cumulative demeure privilégiée par rapport au message visuel, l'inventaire par rapport à l'image. Dans les albums de Cheysson, les cartes se lisent plutôt qu'elles ne se voient. Nous le montrerons plus loin, la réflexion sémiologique n'est pourtant plus absente de l'esprit des statisticiens, et elle les portera à la fin du XIXe siècle du lire au voir.

Les autres publications officielles

Après la publication des premiers albums, Cheysson considère que le langage de la cartographie quantitative est désormais maîtrisé par ses lecteurs. Il n'éprouve plus le besoin de répéter dans ses introductions les longues explications relatives aux différents procédés graphiques, car « aujourd'hui, la clientèle de ce genre de travaux est familiarisée avec cette nouvelle langue et la parle couramment[53] ». Cette familiarité tient selon lui à « la faveur qui a accueilli les albums de 1879 et de 1880 [et qui] a déterminé plusieurs administrations publiques à entreprendre des travaux analogues[54] ». Il écrit encore en 1882 qu'il n'est plus besoin d'insister sur l'utilité de sa publication, « qui est d'ailleurs imitée actuellement par la plupart des grandes administrations publiques[55] ». Toutes les réalisations ne procèdent pas cependant de la simple imitation de l'*Album* de Cheysson. Elles sont d'ailleurs loin de présenter la même variété graphique, aussi s'agit-il moins d'analyser ici un langage très stéréotypé que de signaler l'existence ou préciser le contenu de travaux jusqu'ici parfaitement ignorés par les historiens de la cartographie.

53. Album..., *1882, p. V.*

54. Album..., *1881, p. V.*

55. Album..., *1882, p. V.*

LA STATISTIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE

Un service central de statistique est, nous l'avons vu, rétabli en 1833 à l'initiative de Thiers, et confié à Moreau de Jonnès. Il est définitivement baptisé en 1840 « Statistique générale de la France ». Ce bureau, relevant du ministre du commerce, poursuit son œuvre jusqu'à la fin du siècle, non sans aléas, réorganisations ou remises en cause[56]. En raison de l'activité statistique de plusieurs administrations publiques, la statistique générale développe surtout les quelques domaines qui lui restent attribués (population, subsistances, salaires, agriculture), et un certain nombre de thèmes nouveaux, justice ou enseignement, tout en centralisant les divers documents des administrations locales[57]. La mission du service, malgré une stucture administrative mouvante, reste claire et constante : il s'agit d'établir une série de dénombrements et de recensements, avec des intervalles chronologiques variables : recensement général de la population bien entendu, mais également statistique agricole, enquêtes industrielles, enquêtes sur les prix, etc. À partir de 1878 est en outre créée une publication annuelle, l'*Annuaire statistique de la France*.

56. *Sur ce point, voir B. Gille, 1980, p. 116-124 et p. 150, ainsi que* Statistique Générale..., *1913.*

57. *La division des statistiques par grandes matières a été substituée à l'ancienne division géographique, durant la période où Alexandre Moreau de Jonnès dirigeait le service.*

LA STATISTIQUE INDUSTRIELLE DE 1873

C'est antérieurement à la publication des albums du ministère des travaux publics, dès 1874, que l'on relève les premières expériences cartographiques de la Statistique Générale. Une quinzaine de cartes sont jointes à la *Statis-*

tique sommaire des industries principales en 1873, troisième enquête sur l'industrie française, après celles de 1845 et de 1860, fondée sur les renseignements fournis par les ingénieurs des mines et les contrôleurs de contributions. Nous ignorons qui est l'auteur de ces cartes, et aucune précision n'est fournie sur la méthode graphique utilisée. Les quinze cartes, assez originales, empruntent en fait une méthode semblable. Il s'agit tout d'abord de cartes de la production, exprimée par différents paramètres, le poids, la valeur financière, le nombre de broches (filatures), de métiers (tissage), etc. Certaines de ces cartes expriment une unique production : il s'agit par exemple du papier, du gaz d'éclairage (cartes n° 8 et 9). Dans ce cas, elles sont construites en six paliers de valeur selon une gamme monochromatique, le blanc étant réservé aux départements non producteurs. Mais le plus souvent, plusieurs productions différentes sont traduites sur une même carte, depuis deux (carte n° 4 : fer et tôle, acier ; carte n° 10 : savon, bougies stéariques) jusqu'à quatre ou cinq (carte n° 2 : minerais de fer, de plomb, de cuivre, de zinc ; carte n° 14 : tissage mécanique – par unité de 100 métiers – de laine, coton, chanvre-lin-jute, soie, et mélanges.) Dans ce cas, chaque production est affectée d'une couleur et de sa propre échelle teintée, avec deux à cinq paliers. Pour l'une des industries considérées, la série statistique est traduite sur la base départementale, et pour les autres, par les teintes portées sur des « médaillons » : des petits cercles non proportionnels, inclus dans chaque département (figure 65).

Cette cartographie polythématique introduit plusieurs éléments de confusion. Tout d'abord, elle dénote une absence de hiérarchisation dans les informations à traiter : l'une des productions, représentée au niveau départemental, est arbitrairement privilégiée dans la représentation. Les autres, traduites par les cercles surimposés, sont graphiquement sous-estimées (d'autant que la taille des médaillons se réduit parfois en fonction de la surface offerte par le département), même si elles sont, pour les départements, d'une importance supérieure en valeur ou en poids. Ainsi la carte des minerais métalliques place au premier plan de la représentation le plomb, en fond départemental ; or pour un département tel que le Pas-de-Calais, le plomb est indiqué par le premier palier de bleu (0 à 1 millier de quintaux), tandis que le zinc et le cuivre sont réduits aux cercles inclus, bien que leur production se situe respectivement entre 5 - 6 milliers de quintaux (second palier de vert) et 20 - 40 milliers de quintaux (quatrième palier de jaune). À cette fausse hiérarchisation des signes s'ajoute la confusion extrême qui résulte du mélange de multiples échelles de valeur. L'œil ne peut les ordonner entre elles (par exemple dans le cas de deux couleurs à égalité de ton) et s'il arrive qu'un classement des teintes soit visuellement possible, ce classement peut être erroné dans la mesure où les paliers correspondent pour chaque production à des intervalles statistiques différents (seule l'unité de compte est unique pour chaque carte). Ce compromis bizarre entre la carte choroplèthe et le cartogramme, assez rare en cartographie, constitue surtout une adaptation maladroite du système Dupin. Comme s'était dégagée à l'époque moderne la tendance, en cartographie générale, à considérer

qu'une carte avait d'autant plus de valeur que sa nomenclature était complète, on voit, à la fin du XIXe siècle, la cartographie statistique rechercher une nouvelle fois l'exhaustivité de l'information en sacrifiant la qualité de la communication. Le progrès technique de la chromolithographie, appliquée ici, n'apporte ainsi aucun avantage graphique. Le niveau de lecture s'abaisse au niveau du département, tandis que les cartes de Dupin permettaient une lecture d'ensemble.

L'IMPULSION DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE STATISTIQUE

L'essai de figuration statistique que nous venons d'étudier reste un cas isolé. En tant que service central, la Statistique Générale de la France semble peu portée vers la graphique. Ce n'est qu'au milieu des années 1880 qu'elle revient à cette forme d'expression, en raison des liens qu'elle établit avec d'autres services statistiques, et des initiatives de ses directeurs successifs pour la période qui nous occupe, Toussaint Loua, entre 1875 et 1887, puis Victor Turquan, de 1887 à 1896. En effet, en 1885, à l'imitation de services étrangers et à la suite de vœux formulés par la Société de statistique de Paris et les congrès internationaux de statistique, un Conseil supérieur de statistique a été fondé en France. Il est chargé de donner une même méthode et une impulsion commune aux services statistiques des différentes administrations. Des hommes comme Cheysson, Levasseur, Chervin ou Jacques Bertillon en font partie, ainsi que Loua et Turquan. Or, dès sa première session, la commission du conseil supérieur fait valoir la nécessité d'inclure dans l'*Annuaire statistique de la France*, « dans la mesure compatible avec les ressources budgétaires, des cartes et représentations graphiques relatives aux principaux faits sociaux[58] ». Cette directive va avoir rapidement des conséquences dans les publications de la Statistique générale de la France.

Dès 1888, la *Statistique annuelle* est illustrée pour la première fois, lors de la publication de son quinzième tome. Vingt-huit cartes par paliers de valeur sont dressées, utilisant deux couleurs en gamme croissante et décroissante à partir de la moyenne statistique, et, plus rarement, une seule échelle de valeurs de la même couleur. Cette même année, les *Résultats statistiques du dénombrement de 1886* comprennent, outre de nombreux diagrammes, une quarantaine de cartes. Il s'agit une fois encore de cartes par paliers de valeur, sur divisions d'arrondissement ou de département, procédant suivant une double échelle de teintes (bleu-rouge ou vert-rouge) avec le blanc en teinte médiane. Apparaissent également plusieurs cartes par isoplèthes ayant trait à la population spécifique, dont les zones inter-courbes sont teintées selon le même procédé. Cette réapparition du système de Lalanne est certainement le résultat du passage de Victor Turquan à la direction de la statistique générale[59].

L'influence du Conseil supérieur se fait cependant sentir encore plus nettement à l'approche de l'exposition universelle de 1889. Selon du Bus, la tenue de cette exposition aurait été déterminante pour le développement de la statistique graphique en France[60]. Une impulsion nouvelle lui est donnée à cette occasion. Le bureau de la statistique générale expose au Champ de

58. *Ministère du commerce et de l'industrie,* Bulletin du conseil supérieur de la statistique *1, 1886, p. 54.*

59. *Voir à la fin de ce chapitre le développement qui concerne la redécouverte du procédé des courbes isoplèthes.*

60. *C. du Bus, 1931, p. 3.*

Mars, dans la salle n° 11 du palais des arts libéraux. Il présente les principaux travaux graphiques établis entre 1886 et 1889, c'est-à-dire pour l'essentiel une série de cartes prévues pour faire partie d'un atlas démographique de la France, fondé sur les résultats du dénombrement de 1886. Originellement, cet atlas est un projet issu des propositions d'une commission spéciale du conseil supérieur de statistique, formulées en 1887[61]. Il devait représenter un compromis entre les différentes tendances graphiques de la période (incarnées au sein de la commission par Cheysson, Turquan et Bertillon), ainsi que l'indiquent les recommandations émises par le conseil supérieur à la suite des discussions : « Le conseil supérieur approuve le projet d'établissement d'un atlas graphique de la situation démographique de la France, composé de diagrammes et de cartogrammes à base soit de département, soit d'arrondissement, avec ou sans courbes de niveau. Il admet l'emploi des figurations monochromes et bichromes sous la réserve que les procédés seront identiques pour l'expression des phénomènes de même ordre. Enfin, il recommande des formes simples, de lecture facile (notamment dans le cas des diagrammes, ainsi seront préférés des diagrammes orthogonaux dans le cas de phénomènes comportant une dimension chronologique.)[62] »

Les manuscrits des cartes et diagrammes résultant des propositions de la commission sont donc présentés en 1889, lors de l'exposition universelle de Paris. On compte 55 cartes, ainsi qu'une mappemonde statistique des Français à l'étranger au 1 : 20 000 000. La variation de valeur, bichromatique ou monochromatique, est employée préférentiellement pour 44 cartes par divisions départementales, et pour 5 cartes par divisions d'arrondissement. Les cartes par communes ou cantons (cinq au total) sont construites par courbes isoplèthes, relatives à la mortalité, la natalité et la nuptialité. Enfin, le procédé du cartogramme n'est appliqué qu'à deux reprises, et notamment pour la mappemonde[63].

Cette même année 1889, la statistique générale publie son propre *Album de statistique graphique*, qui comporte 88 cartes réunies en 34 planches, ainsi que 8 planches de diagrammes. En ce qui concerne les cartes, qui sont pour partie reprises des illustrations des résultats du dénombrement de 1886, seuls sont utilisés les systèmes « Dupin » et « Lalanne » (prôné par Turquan), mais en dépit des propositions de Cheysson, aucun cartogramme n'est inclus dans l'ouvrage. En dehors de certains thèmes originaux, tels ceux qui sont extraits de la statistique des assurances (répartition des incendies, inondations, gelées, grêles...). L'album passe en revue tout l'éventail des indicateurs démographiques pour l'année 1886, natalité, fécondité, mortalité, âge au mariage, famille, étrangers, etc. Plusieurs cartes font valoir l'évolution de ces mêmes données sur la période 1867-1886.

La relance des travaux cartographiques pendant la période qui précède l'exposition universelle n'a que peu de prolongements à l'extrême fin du siècle, et rares sont les publications qui satisfont aux souhaits du Conseil supérieur. Toutefois, les résultats du dénombrement des étrangers de 1891 sont illustrés par 4 cartes lithographiées en couleur et 18 petites cartes en noir et

61. *Propositions exposées dans le* Bulletin du Conseil supérieur de statistique *3, 1887.*

62. Ibid., *p. 256-257.*

63. Cf. *Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies. Bureau de la statistique générale de la France,* Catalogue détaillé des ouvrages exposés par le ministère dans la salle n° 11 du palais des arts libéraux, *Paris, 1889.*

blanc. Parmi les premières, on remarque surtout une carte par courbes isoplèthes sur la proportion des étrangers en France. Mais, phénomène rare pour ce type d'ouvrages, les cartes vont ici de pair avec un texte qui constitue une véritable analyse spatiale des phénomènes : ainsi, pour la distribution des étrangers, la traditionnelle vision départementale est corrigée par la constatation de la dimension urbaine de la présence étrangère. De même, l'auteur, qui est sans doute Turquan [64], indique les voies d'immigration et les tendances géographiques de la répartition de chaque groupe national (par exemple les Belges : un groupe compact en un espace restreint, ou les Espagnols : deux groupements principaux, Bayonne-Bordeaux et Montpellier-Pyrénées Orientales). L'année suivante, la statistique générale de la France joint encore 35 cartes aux données recueillies lors du recensement général de 1891 [65]. En noir et blanc, selon une échelle simple sans mise en valeur de la moyenne, ces cartes ne se signalent que par l'ajout d'une légende des paliers, le « diapason des teintes », pratique qui n'était guère usuelle avant l'extrême fin du siècle, quoiqu'elle apparaisse déjà dans les *Résultats statistiques du dénombrement de 1886*.

64. *Nous savons qu'au sein de la commission pour l'album instaurée par le conseil supérieur de statistique, V. Turquan insiste dès mars 1887 sur l'intérêt d'un travail cartographique relatif à « l'envahissement progressif des étrangers ». Voir du Bus, 1931, p. 4.*

65. Statistique générale..., *1894.*

L'enthousiasme pour la graphique paraît cependant s'essouffler rapidement, sans doute pour des raisons financières, mais aussi parce que la Statistique générale est concurrencée par l'essaimage de bureaux du même genre dans les différentes administrations, que ses prérogatives sont mal définies et que sa vocation graphique est remise en question lorsque Victor Turquan quitte la direction du service, en 1896. Le recours à la cartographie reste somme toute limité. Ainsi, malgré les directives du Conseil supérieur, les annuaires statistiques ne sont illustrés qu'en une occasion, en dehors du tome 15 envisagé plus haut, lors de la publication en 1899 du tome 27, qui ne comporte d'ailleurs que deux cartes. En dépit de l'intérêt officiel pour la méthode graphique, on constate que les réalisations du bureau central de la statistique française sont très occasionnelles, et beaucoup plus monocordes que la collection des albums du ministère des travaux publics.

Les autres administrations publiques

Toutes les administrations ne possèdent pas la même tradition que le ministère des Travaux publics, mais beaucoup concourent à enrichir la statistique figurée officielle dans le dernier quart du siècle.

Une certaine priorité semble revenir au ministère de l'Agriculture. La statistique agricole, « grande innovation du second Empire [66] », était établie depuis 1852. Ses résultats sont exploités graphiquement une première fois en 1875 par Louis Gustave Heuzé, en liaison avec la Direction de la statistique du ministère de l'agriculture et du commerce. Heuzé est professeur d'agriculture à l'Institut agronomique de Paris, dès sa fondation. Ses fonctions auprès du ministère paraissent tardives, et limitées à diverses missions. En 1869, Heuzé entreprend la publication à titre privé d'une *France agricole* prévue en 9 volumes (seuls trois d'entre eux paraîtront). Il y utilise une première fois l'illustration cartographique, se bornant à représenter les limites de cultures et une division chorochromatique de la France en régions agricoles, les sta-

66. *B. Gille, 1980, p. 232.*

tistiques figurant en tableaux. La publication de 1875, sous le même titre, est cette fois un véritable atlas statistique, édité sous l'égide du ministère de l'Agriculture. Sur un total de 46 cartes, toutes au 1/3 330 000, seules quelques-unes sont qualitatives : elles reproduisent l'étendue des régions agricoles définies par Heuzé en 1869, des limites climatiques ou botaniques, et enfin la distribution de certaines races animales. Les autres cartes sont construites avec 10 paliers de valeur, selon les départements. Les séries statistiques sont divisées par intervalles réguliers, quel que soit le nombre de départements inclus dans chaque intervalle.

Heuzé propose ainsi un tableau thématique très complet, incluant la taille des exploitations (petites, moyennes et grandes en pourcentage du total), le mode de faire valoir, la répartition des cultures, vivrières, fourragères ou industrielles. Il figure à quelques reprises plusieurs cultures sur une même carte, dans la mesure où les régions de production s'excluent : betterave à sucre et garance ; olivier et houblon ; tabac, safran et gaude. Plusieurs thèmes originaux sont abordés en fin d'atlas : la répartition géographique des vétérinaires, des établissements d'enseignement agricole, des associations agricoles et horticoles. Cette publication isolée, antérieure à l'album du ministère des Travaux publics, n'a pas d'effet d'entraînement : la périodicité des enquêtes agricoles n'aurait pas permis, de toute façon, une publication régulière. C'est en 1878 l'autre spécialité du ministère, le commerce, qui est l'objet d'un atlas statistique. En vue, une nouvelle fois, d'une présentation à l'exposition universelle, l'archiviste du ministère Ferdinand Bonnange réalise en 1878 l'*Atlas graphique et statistique du commerce de la France avec les pays étrangers*. Cette publication ne comporte cependant que des courbes et des diagrammes, histogrammes ou carrés proportionnels.

Quelques années plus tard, en 1887, à Bonnange se substitue le service de statistique graphique de Cheysson pour la conception d'un *Album de statistique agricole* portant sur les résultats de l'enquête décennale de 1882. Vingt planches de cartes sont ainsi réalisées « à la suite d'un concert entre les deux ministères des travaux publics et de l'agriculture ». En fait, cet album reprend des cartes que nous avons déjà mentionnées, puisqu'il s'agit des vingt planches de statistique agricole publiées dans l'album du ministère des Travaux publics en 1886[67].

Dix ans plus tard, c'est à nouveau Ferdinand Bonnange qui dirige la publication d'un second atlas relatif aux statistiques agricoles décennales[68]. Il conserve alors la méthode appliquée par Cheysson de l'écart à la moyenne, pour les 62 cartes que comprend l'ouvrage : « chacune de ces cartes comporte cinq teintes, correspondant à l'intensité décroissante, par groupe de départements, du fait observé. La troisième teinte représente l'intensité moyenne de ce fait et les quatre autres, l'intensité, à deux degrés, supérieure et inférieure à la moyenne. La détermination des cinq catégories correspondant à ces cinq teintes a été effectuée en fonction des différences maxima que présentent la série des chiffres départementaux ; c'est calculer, suivant l'expression de Quételet, les déviations de la moyenne. Le procédé, apprécié plus d'une fois dans les statistiques officielles, nous a paru le meilleur pour

67. *Planches 15 à 34.*

68. *Ministère de l'agriculture…, 1897.*

conserver au développement des faits, dans l'espace, son allure vraie, en d'autre termes pour localiser, de la manière la plus rapprochée de la réalité, la série des faits observés[69]. »

Bien d'autres ministères peuvent être signalés pour leurs expériences cartographiques. Ainsi le ministère de la Justice renoue avec la tradition qu'avait inaugurée André Guerry : en 1880, le tome LV du *Compte Général de l'administration de la justice criminelle* comprend cartes et diagrammes. Ils ont été préparés peu avant, en vue de l'exposition pénitentiaire de 1879[70]. Le Service de la carte de France, qui dépend du ministère de l'Intérieur, est lui aussi chargé, par un arrêté du 10 octobre 1881, « d'établir tous les documents graphiques traduisant les renseignements statistiques qui lui seront confiés dans ce but par les différentes directions du ministère ». L'album graphique qui en résulte, constitué de cartes et diagrammes sur des questions telles que la démographie ou les élections, a une existence assez brève, puisqu'il ne paraît qu'à trois reprises, de 1881 à 1883. Une initiative semblable est prise au ministère des Finances. Cette fois-ci, c'est dans la perspective de l'exposition géographique de Venise qu'est imprimé, en 1881, un atlas de statistique financière, réalisé sous la direction d'A. de Foville. La statistique graphique tient d'ailleurs une place importante dans les publications courantes du ministère, comme le *Bulletin de statistique et de législation comparées*, ou dans ses communications au parlement[71]. Un second album voit le jour, en 1889, pour l'exposition universelle. D'autres divisions de ce même ministère sont à l'origine de plusieurs atlas. En 1884, la direction générale des contributions directes présente quatre-vingt-deux cartogrammes sur le revenu foncier, selon un modèle unique : un diagramme rectangulaire par département[72]. En 1891, ce même service publie une série de cartes choroplèthes qui illustrent l'évaluation des propriétés bâties, par département ou arrondissement. La section d'économie sociale réalise en 1889 un atlas comportant quelques cartes par teintes graduées sur les rentes et les versements de retraite. Le procédé du cercle inclus dans le département, mis au point par la Statistique générale, est ici repris : « les cartogrammes figurent la répartition géographique des opérations. Dans ces dessins, un cercle occupant le milieu de chaque département, est destiné à la représentation d'un phénomène particulier, tandis qu'un autre phénomène est exprimé dans la surface limitant le cercle. Cette disposition a permis de placer sur une même carte, en les juxtaposant, deux faits connexes ou qu'il était intéressant de comparer entre eux[73] ».

Les ministères n'ont cependant pas l'exclusivité de ces publications graphiques : dans les années 1870, le conseil municipal de Paris veut créer, à l'imitation de plusieurs grandes villes européennes, un Service de statistique démographique. Des publications de statistique municipale avaient déjà été entreprises au début du siècle, comme les six volumes des *Recherches statistiques sur la ville de Paris et le département de la Seine*, de Villot. Interrompues en 1856, elles avaient repris sur l'ordre de Haussmann, préfet de la Seine. En juillet 1877, le conseil municipal invite l'administration à présenter un plan de réorganisation de la statistique parisienne, en vue d'améliorer son

69. Ibid., *p. 5.*

70. Cf. *M. Perrot, 1987, p. 128.*

71. *Voir V. Turquan, 1891, p. 37.*

72. *Ministère des Finances..., 1884.*

73. *Caisse des Dépôts..., 1889, p. IV.*

fonctionnement et de compléter ses publications. Une commission d'étude sur ce projet se constitue. Elle comprend d'éminents statisticiens, comme Toussaint Loua ou Émile Levasseur, ainsi que le docteur Louis-Adolphe Bertillon, qui s'est acquis une réputation considérable par ses recherches sur la population.

Le 24 décembre 1879, sur le rapport de cette commission, un arrêté du préfet Herold crée le service de la statistique municipale. Le docteur Bertillon le dirige brièvement, sa mort survenant en 1883. Pendant cette période, tout en poursuivant ses publications, dans les *Annales de démographie* ou le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, il met en place dans le cadre municipal l'*Annuaire statistique de la ville de Paris*. Son fils, le docteur Jacques Bertillon (1851-1922) lui succède comme chef des travaux statistiques de la ville de Paris, de 1883 à 1913. Sous sa direction, la statistique municipale publie ses deux principales contributions graphiques. Il s'agit tout d'abord, en 1889, des *Cartogrammes et diagrammes relatifs à la population parisienne et à la fréquence des principales maladies à Paris pendant la période 1865-1887*. Cet ouvrage montre une statistique parisienne tournée essentiellement vers les questions médicales. Dès 1877, le conseil municipal réclamait la collaboration des médecins, et recherchait une amélioration des documents statistiques en rapport avec les progrès des sciences médicales. Par la suite, l'Académie de Médecine accepte de collaborer avec le service parisien, que d'ailleurs deux médecins dirigent successivement.

L'ouvrage de 1889 propose en conséquence une série très complète de planches relatives à la pathologie parisienne. Le procédé des teintes graduées est employé quasi exclusivement, dans le cadre de l'arrondissement, pour exprimer l'intensité de différentes maladies. Sept paliers sont définis, du blanc à la teinte saturée, avec une excellente séparation rétinienne. Le mode de division des séries statistiques est explicité par Bertillon dans une notice : « pour déterminer à quel chiffre devait correspondre chaque teinte, on a procédé ainsi qu'il suit : on a choisi le chiffre le plus faible et le chiffre le plus élevé se rapportant au phénomène étudié dans le cartogramme (sans tenir compte des chiffres visiblement exceptionnels). On a déduit le premier du second, et on a divisé la différence par sept. Le quotient de la division indiquait le module du groupement à employer ». À la différence de Cheysson, Bertillon ne cherche donc pas à privilégier les comparaisons d'une carte à l'autre, que permet le procédé de l'écart à la moyenne. Deux ans plus tard paraît l'*Atlas de statistique graphique de la ville de Paris*, noté comme un second tome, sans doute par référence à l'ouvrage précédent. Jacques Bertillon prévoit, dans son avant-propos, une périodicité de 5 ans pour cette publication. Ce tome II est cependant le dernier publié. Quoique l'objet général soit de traiter cinq années statistiques, cet atlas insiste sur 1889, en liaison avec l'exposition universelle, et s'efforce surtout de comparer les données à cette date avec les moyennes annuelles des cinq ans qui précèdent. Les rubriques sont beaucoup plus variées que dans l'ouvrage de 1889. Si l'on retrouve une série de cartes par paliers de valeur sous le titre général « fréquence des principales causes de mort dans chacun des arrondissements de Paris. 1886-1890 », bien

d'autres thèmes sont exploités : produit des octrois, opérations des monts de piété, recettes des tramways et omnibus, etc.
L'éclectisme règne également en matière graphique : l'atlas de Bertillon mérite sans conteste d'être placé au même rang que l'album du ministère des Travaux publics. Il représente lui aussi une somme des connaissances graphiques, d'une excellente qualité d'impression. Les cartes, au 1/25 000, présentent un fond discret mais très précis, tout à fait adapté à leur vocation thématique. Le procédé de la zone teintée proportionnelle aux flux est appliqué à quatre reprises, pour le tonnage des marchandises expédiées de Paris ou arrivées à Paris par les voies ferrées et par les voies navigables en 1889 (planche VIII), les recettes kilométriques des lignes d'omnibus (planche IX), les recettes kilométriques des tramways et du chemin de fer de ceinture (planche X), et, à une échelle plus petite, les recettes des tramways de région parisienne (planche XI). Chaque bande proportionnelle est affectée de plusieurs couleurs, pour distinguer entre les différents réseaux de chemin de fer, les arrivages ou les expéditions (planche VIII), et surtout l'excédent des recettes de l'année 1889 par rapport à la moyenne 1884-1888. Bertillon emploie également le cartogramme, par exemple pour figurer les statistiques des bibliothèques municipales, grâce à des demi-cercles proportionnels aux ouvrages prêtés ou lus sur place, ou les résultats des opérations des monts-de-piété, par des rectangles de base proportionnelle au nombre de gages, et de hauteur proportionnelle au montant du gage moyen. Les principales techniques de cartographie quantitative, à l'exception des courbes isoplèthes, sont donc rassemblées dans l'ouvrage. Présentés à l'exposition universelle de 1889, les cartogrammes et diagrammes de Bertillon impressionnent notablement le jury, qui leur décerne le grand prix pour la classe 16, géographie et statistique.
Ces divers exemples semblent indiquer que les avis prodigués lors des congrès internationaux de statistique ne restent pas lettre morte. La résolution 1 du sixième congrès (La Haye, 1869) et le second point du rapport présenté au septième congrès convergent vers cette recommandation d'adjoindre, si le sujet le permet, des représentations graphiques aux publications statistiques. Pourtant, l'exploitation graphique des données numériques est loin d'être régulière. Seul le ministère des travaux publics propose une publication continue, sur une vingtaine d'années. Le moyen de parler aux yeux est coûteux. Il semble que ce soit surtout l'approche d'expositions de diverses natures qui détermine les travaux graphiques ministériels. On ne peut offrir des tableaux de chiffres aux regards des visiteurs ! L'image est donc moins destinée aux spécialistes qu'au grand public : elle est une forme de vulgarisation. La publication officielle n'est pas, naturellement, un support destiné à proposer cartes et diagrammes.

Les œuvres privées

Dans la dernière partie du XIX[e] siècle, qui se souvient que les parties sombres de la carte teintée étaient associées par Dupin aux ténèbres de l'ignorance ? Il n'est plus besoin de recourir à cette analogie : le sombre signifie le *plus*, et le clair le *moins*. Le code iconique, ou du moins nombre de ses aspects, sont parfaitement assimilés. Le code est autonome, et les réflexes de lecture sont créés, comme le pense Cheysson. Ainsi, à l'écart des grandes administrations publiques, nombre d'auteurs multiplient les illustrations cartographiques, sous des formes qu'ils savent familières aux lecteurs. Du Bus inclut certaines de ces cartes dans ce qu'il désigne comme « les ouvrages particuliers étrangers à la cartographie[74] », faisant valoir leur côté subordonné : « mais ce sont là travaux d'isolés, à qui chiffres et cartes servent d'appoint, d'illustration ou de pièces justificatives[75] ». Funkhouser, s'attache de même à distinguer ces travaux des applications « sérieuses » des statisticiens professionnels. L'image cartographique aurait ainsi séduit des amateurs peu éclairés : « Pour de nombreux auteurs, peu ou pas formés à la statistique, [elle] devint un jeu fascinant. Chacun s'aventura hardiment dans ce nouveau langage, sans autres limites que celles de son imagination ou de son ingéniosité[76]. »

74. *C. du Bus, 1931, p. 1.*

75. Ibid., *p. 2.*

76. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 329-330.*

Le jugement peut être modulé. Les travaux privés sont en fait d'un inégal intérêt : le graphisme le plus achevé côtoie les images les plus défectueuses, les thèmes inattendus se mêlent aux sujets les plus communs. Enfin, à des représentations cartographiques purement formelles se mêlent des cartes conçues comme des éléments de démonstration, des outils scientifiques. Parmi les auteurs figurent enfin d'authentiques statisticiens, pour lesquels la carte est souvent plus qu'un appoint. Dans ses développements, la cartographie poursuit en fait certaines traditions. La tradition d'une technique figurative, tout d'abord, puisque dans leur majorité ces œuvres diverses s'en tiennent au procédé de Dupin. Par ailleurs, les idées de Malgaigne et de Lalanne trouvent elles aussi de nouveaux prolongements : médecins et anthropologues, d'une part, et ingénieurs des ponts et chaussées, d'autre part, empruntant la voie tracée par les deux savants, conservent un rôle prépondérant dans la production de cartes statistiques.

Uniformité graphique, diversité thématique

LA CARTE TEINTÉE, MODÈLE ET « CLICHÉ »

L'acquisition des réflexes de perception, en matière de cartes statistiques, n'est pas seulement à l'origine d'une utilisation élargie. La familiarité qui s'établit avec de nouvelles images paraît également figer le code. La carte choroplèthe est désormais un nouveau stéréotype pour les auteurs. Sa construction, son identification et sa lecture aisées déterminent une sorte de « crampe de la représentation ». Immuable depuis Playfair, la valorisation systématique de l'image par rapport aux chiffres renvoie ainsi, le plus souvent,

à cette méthode des teintes graduées : Pour A. de Malarce, elle atténue « l'aridité des chiffres et des calculs », est « plus agréable à l'œil, plus facile à l'esprit[77] ». J. Manier estime, à propos de l'une de ses cartes de l'instruction en France : « cette carte est plus qu'un discours, mieux qu'une brochure, c'est une image chiffrée accessible à toutes les intelligences, où chaque département a sa cote presque intellectuelle, et reçoit, par une couleur, par un chiffre presque brutal, un éloge ou un blâme[78]. » « Toutes les intelligences » ? Manier tire les conséquences de cette accessibilité des images : le goût des enfants à leur égard n'impose-t-il pas de leur faire jouer un rôle pédagogique ? Cela sera pleinement admis après 1870, grâce notamment aux propositions de Levasseur pour l'enseignement de la géographie.

Les progrès de la carte choroplèthe paraissent cependant peu sensibles, et trop d'utilisations anarchiques indiquent qu'il manque encore trop souvent aux auteurs les linéaments d'une réflexion graphique. Des travaux de qualité existent, mais il faut plutôt les rechercher à l'étranger. Dans les années 1860, l'éditeur allemand Justus Perthes, de Gotha, propose d'excellents atlas thématiques, portant sur la démographie autrichienne ou française[79], dans lesquels les cartes par teintes graduées paraissent bien supérieures à ce que feront par la suite, en France, les services ministériels ou les particuliers : les fonds topographiques sont parfaitement adaptés, les paliers de valeur se différencient nettement, et sont rappelés en légende, la lithographie est de qualité. De tels atlas, de même que les cartes d'excellente facture que publie la revue de Gotha, *Petermanns Geographischen Mitteilungen*, sont peu diffusés dans notre pays et ne suscitent guère l'émulation. Parmi les rares publications françaises de valeur, on peut relever un atlas de 1862 comprenant 13 cartes choroplèthes, construites en 4 ou 5 paliers de valeur : la *Puissance comparée des divers États de l'Europe*. L'auteur, Maurice Block, est un économiste français d'origine allemande, mais c'est en fait Augustus Petermann qui réalise la cartographie et Justus Perthes qui édite l'ouvrage. Cette contribution reste isolée : en France, la carte statistique est plus affaire d'amateurs de statistique que de cartographes, et les publications, fréquemment « à compte d'auteur », souffrent de la comparaison avec les réalisations allemandes.

Régulièrement, les auteurs français omettent la légende des paliers de valeur, mais surtout répètent l'erreur d'utiliser une échelle de couleurs différentes en lieu et place d'une échelle de valeurs, pour traduire les intervalles statistiques. L'expressivité tant vantée de l'image relève dès lors d'un discours très artificiel. Ainsi Manier dessine après 1866 plusieurs cartes de l'instruction en France avec cette variable visuelle inadaptée, bien qu'il soit persuadé du contraire : « nos couleurs ont une signification particulière, une valeur, un langage à elles[80] ». Le moment est pourtant proche, où sera exprimée la règle de lecture selon laquelle une information ordonnée (les intervalles statistiques) se traduit par une variable ordonnée, la valeur. L'utilisation de couleurs tient sans doute à un souci d'esthétisme, d'agrément visuel : Manier évoque leur vivacité, l'excitation que crée leur distribution. Mais d'autre part, il n'est pas établi pour tous les auteurs que la carte soit aussi un message graphique : son statut d'image suffit à lui conférer netteté et lisibilité. Le

77. *A. de Malarce, 1860, p. 17.*

78. *Notice de la* Carte de l'instruction primaire en France, *Paris, 1865.*

79. *A. Ficker, 1860 ; M. Block, 1861.*

80. *Notice de la* Carte de l'instruction primaire en France, *Paris, 1865.*

démographe Toussaint Loua réalise par exemple 40 cartes de la population de Paris, « à tous les points de vue », sur la base des arrondissements[81]. Il retient les paliers blanc-jaune-bleu-orange-rose, et affirme pourtant : « ces cartes parlent aux yeux, et permettent d'opérer des rapprochements inattendus que le texte même le plus clair n'a pas permis d'entrevoir[82]. » Cette confusion graphique, bien que reproduite pour toutes les cartes de Loua, n'est heureusement pas systématique. Manier, dans ses nombreuses cartes de l'instruction, utilise aussi bien les gammes des valeurs croissantes que les gammes de couleurs, et parfois même ordonne ces dernières (gradation dite harmonique : blanc-jaune-orange-rouge)[83]. A. de Malarce, dans une carte de la criminalité de 1860, ne s'éloigne pas du système Dupin, et ajoute même une légende des paliers de valeur. La théorie n'est pas arrêtée, et la méthode paraît plutôt déterminée par des contraintes techniques ou financières. Les couleurs multiples reviennent cher à l'impression, et sont exclues pour des cartes lithogravées accompagnant manuels ou articles. D'ailleurs, lorsque la couleur apparaît dans les cartes, c'est rarement grâce au procédé de chromolithographie : le plus souvent, il s'agit de gouache apposée manuellement (ainsi chez Loua ou Manier).

81. *T. Loua, 1874.*

82. Ibid., *p. 3. La couleur étant une variable sélective, on ne peut exclure que Loua ait voulu utiliser cette propriété : l'œil peut en effet repérer les arrondissements appartenant à la même catégorie statistique (*cf. *les « rapprochements inattendus »). Il reste que les cartes ainsi réalisées n'expriment pas l'intégralité de l'information potentielle : la hiérarchie statistique des arrondissements ou groupes d'arrondissements.*

83. *Entre des signes de différentes couleurs, le lecteur, spontanément, ne percoit que des différences et peut reconstituer des familles de signes (sélectivité). Il ne percoit une hiérarchie des signes colorés qu'à deux conditions : si l'on établit une gradation en camaïeu (une seule couleur variant en intensité, ce qui s'assimile à une variation de valeur) ou une gradation harmonique (couleurs saturées utilisées selon leur succession dans le spectre lumineux, de part et d'autre du jaune – jaune orange rouge ou jaune vert bleu).*

L'ATLAS DE L. A. BERTILLON (1874)

Figure prépondérante de la statistique du XIX[e] siècle, Louis Adolphe Bertillon est l'auteur de travaux cartographiques parmi les plus marquants de cette période. Nous avons présenté plus haut ses réalisations officielles, en tant que chef, après 1880, du Service de statistique municipale de Paris. Dès 1874 cependant paraît sa *Démographie figurée de la France*, œuvre dont la conception est toute personnelle, de même que la réalisation graphique. Cette contribution se situe au confluent de la médecine et de la démographie, ce qu'explique l'itinéraire personnel de l'auteur. Né à Paris en 1821, Bertillon est reçu docteur en 1852. Dans les années 1850, il se passionne pour la statistique, poussé par Malgaigne à propos d'une controverse sur la vaccine. Il participe pendant cette période à la création de la société de statistique et de la société d'anthropologie (1859). De 1860 à sa mort, en 1883, Bertillon se spécialise dans la démographie[84]. Il rédige plusieurs articles à ce sujet dans le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales* (« Mariage », « Migration », « Mort-né », « Mortalité », « Moyenne », « Natalité »...). Une chaire de démographie lui est décernée lors de la création de l'École d'Anthropologie, et il patronne le congrès international de démographie, organisé par Arthur Chervin. À l'École d'Anthropologie, Bertillon illustre ses cours de nombreux diagrammes et cartogrammes, qu'il présente d'ailleurs à l'exposition universelle de 1878, accompagnés d'une notice rédigée par ses soins[85]. Ces réalisations sont en fait issues des planches de la *Démographie figurée*.

Le volume représente la seule partie publiée d'une cartographie complète de la France envisagée à l'origine. Quatre sections étaient prévues, qui devaient regrouper dix séries de cartes et diagrammes intéressant l'ensemble des thèmes justiciables d'une approche statistique, ainsi le bilan des richesses (4[e] série), le mouvement de la production et des échanges (5[e] série), l'emploi et

84. *Le terme démographie a été créé par le beau-père de L. Bertillon, Achille Guillard.*

85. *Voir L.A. Bertillon, 1877.*

la consommation (6e série), la France financière (7e série), etc. La *Démographie figurée* constitue la 3e série. Elle comprend quarante cartes et dix-huit diagrammes, qui composent une étude dynamique de la population. L'étude statique (densité, sexes, âges, tailles, infirmités ...) qui devait constituer la 2e série, n'est jamais publiée. L'ouvrage de Bertillon est recensé par Funkhouser comme l'un des premiers atlas statistiques européens [86]. Il rencontre en son temps un succès certain, comme en témoignent les biographies de Bertillon. Il est médaillé en 1875, lors de l'exposition des sciences géographiques de Paris. Le statisticien É. Levasseur, en 1883, souligne dans le discours qu'il prononce aux obsèques de Bertillon : « la *Démographie figurée de la France*, dont les diagrammes et les cartes rendaient les résultats sensibles à l'œil et les rapports faciles à saisir, lui valut plusieurs récompenses, bien méritées assurément, et commença vers 1872 à faire sortir son nom du cercle étroit dans lequel sa réputation était jusque là circonscrite [87]. »

En cet « âge de l'enthousiasme », l'intérêt de l'œuvre de Bertillon tient sans doute à ce que, pour cet auteur, la graphique n'est pas un « jouet », et que sa formation statistique est solide. Son atlas résulte d'une recherche approfondie, y compris sur le plan théorique. En matière de démographie, la richesse des indicateurs utilisés ou mis au point par Bertillon est considérable. En ce qui concerne la méthode graphique, l'auteur a su prendre la mesure des problèmes liés à la division des séries statistiques, au nombre des paliers de valeurs, à l'importance du calcul et de la représentation des moyennes. Sur tous ces points, Bertillon rédige d'ailleurs un texte théorique, peu avant l'exposition universelle de 1878 [88].

Par ailleurs, il dessine ses cartes en observant certains principes stricts. Ainsi, il proscrit l'utilisation de gammes de couleurs, conventions arbitraires, au profit d'une seule teinte en nuances graduées, systématiquement. La méthode de discrétisation reste en revanche simpliste dans la *Démographie figurée* bien que Bertillon ne paraisse rien ignorer de la complexité de ce problème.

UN ATLAS DE LA MORTALITÉ

Bien qu'annoncé comme tel, l'ouvrage de Bertillon est moins l'étude dynamique complète de la population française qu'une illustration du thème de la mortalité. La catastrophique guerre franco-prussienne, en 1870-1871, est à l'origine de bien des investigations sur les causes structurelles de la défaite française. Politiques et scientifiques s'interrogent sur le supposé déclin de notre pays, et l'aspect démographique de la question n'est pas le moindre. Bertillon n'évoque pas l'événement, mais son œuvre nous paraît se comprendre dans ce contexte : l'auteur veut découvrir les causes qui déciment les travailleurs et les défenseurs dont « Notre Patrie est en quête [89] ». Le projet passe, note-t-il en introduction, « par une étude, aussi complète que possible, des sévices de la mort, et particulièrement de la mort prématurée, sur la collectivité française. Pour combattre un tel ennemi, avec chance de le faire reculer, il faut d'abord reconnaître ses forces, ses manœuvres et ses moyens d'action : j'ai voulu être l'éclaireur de ces funèbres agissements ! [90] ».

86. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 335.*

87. La vie et les œuvres du Docteur L.A. Bertillon, *Paris, 1883, p. 32.*

88. *L.A. Bertillon, 1877.*

89. *L.A. Bertillon, 1874, p. 1.*

90. Ibid., *p. 2.*

Bertillon réalise pour ce faire une exceptionnelle compilation de données, provenant des statistiques officielles, comme les recensements, mais aussi de recherches personnelles dans les comptes-rendus du recrutement ou les registres d'état-civil : « l'auteur, dit-il de lui-même, le premier et le seul pour la France, a, par un long labeur, réuni en un seul faisceau tous les éléments épars en dix années consécutives (et quelquefois en vingt années) non seulement pour la France en général, mais pour chacun des 89 départements, conduisant partout l'analyse aussi loin que le permettaient les documents officiels, signalant leurs lacunes et leurs desiderata, et, quand il l'a pu, les remplissant à l'aide de documents étrangers[91]. »

91. Ibid.

La liste des cartes réalisée est impressionnante. Aux thèmes classiques de la mortalité générale ou infantile, Bertillon ajoute des représentations cartographiques de la mortalité par tranche d'âge (1 à 5 ans, 5 à 10 ans, 10 à 15 ans, 15 à 20 ans, 20 à 30 ans, etc.), compare la mortalité selon les sexes, selon les périodes statistiques (1840-1849 et 1857-1866), observe la mortalité des célibataires hommes et femmes, des époux ou épouses, des veufs et veuves, ou enfin la mortinatalité. Sa soif de chiffres n'est pas pour autant étanchée, puisqu'il se prend à regretter l'absence en France de documents sur la mortalité par profession, signalant l'intérêt que présentent les enquêtes britanniques sur ce sujet. On mesure ici les limites de la statistique démographique de l'époque : les recensements français enregistrent depuis les années 1850 les décès par âge et par état-civil, mais non selon les catégories professionnelles ou les causes. Ce véritable atlas de la mortalité française laisse peu de place à d'autres facteurs démographiques. La natalité n'apparaît qu'indirectement : elle sert, pour deux cartes, au calcul de la « dîme mortuaire », indicateur mis au point par Bertillon, correspondant à notre actuel taux de mortalité infantile.

Réalisées entre 1869 et 1872, les cartes proposées sont entièrement autographiées par Bertillon. Bien qu'il s'intitule lui-même un « médiocre artiste[92] », la lisibilité de ses cartes n'est pas entamée par la rusticité du dessin. Il s'agit exclusivement de cartes choroplèthes, construites sur la base des départements, avec 8 ou 9 paliers de valeur croissante assez facilement séparables. Malgré l'absence d'échelle et de légende, on retrouve cependant l'échelle des teintes de part et d'autre de chaque carte : les différents départements sont rangés dans l'ordre statistique croissant, sous un rectangle portant la teinte qui leur est affectée. Les notices expliquent le plus souvent le mode de calcul des indices statistiques, ou mentionnent les sources, mais ne précisent jamais le mode de séparation des séries statistiques. On constate que le plus souvent, Bertillon choisit une raison arithmétique de groupement (intervalles réguliers, de 10 en 10 par exemple) quel que soit le nombre de valeurs contenues dans l'intervalle. Précaution louable, mais non évidente pour l'époque, les mêmes teintes correspondent aux mêmes coefficients de mortalité, pour permettre de comparer un même phénomène figuré pour 1840-1849 et pour 1857-1866 (ainsi les deux cartes de la dîme mortuaire, n° 3 et 4).

92. *L.A. Bertillon, 1875, p. 28.*

La seule modification par rapport au système Dupin est en fait le procédé de l'écusson, que nous avions mentionné plus haut, puisqu'il était utilisé dans

la *Statistique sommaire des industries principales en 1873*, permettant une cartographie polythématique des industries. Ici, l'écusson, cercle inclus dans les limites de chaque département, rappelle l'intensité d'un premier phénomène, tandis que le fond départemental est teinté suivant l'intensité d'un second phénomène. Ainsi, pour la carte n° 7, les départements sont teintés suivant le mouvement de la mortalité (entre les périodes 1840-49 et 1857-66) tandis que les écussons portent des valeurs exprimant l'intensité de la mortalité pour 1 000 enfants de 0 à 1 an (moyenne des années 1840-1849). Le rappel se veut significatif, invite à la comparaison des phénomènes, mais nous avons évoqué plus haut la confusion visuelle qui résulte du mélange de plusieurs gammes de valeurs. Dans ce cas précis, il faut d'ailleurs souligner que la même teinte exprime, selon qu'elle se trouve en écusson ou en fond départemental, des coefficients numériques totalement différents.

Pour Bertillon, la cartographie est un bon moyen de vulgarisation d'une démographie au langage chiffré rebutant, ainsi qu'il l'exprime dans le prospectus de son atlas. Lors de l'exposition universelle de 1878, il évoquera de même les procédés « pittoresques » qui ont l'avantage de « parler rapidement aux yeux des passants[93] ». Pourtant, les cartes sont ici plus qu'un appoint ou une forme de pédagogie : elles constituent bien la charpente de la réflexion, du discours. Bertillon en retire d'importantes observations. Il repère par exemple la forte mortalité infantile liée aux mises en nourrice autour de Paris ou de Lyon. Il signale la surmortalité, au plus jeune âge, du littoral méditerranéen. Observant les extrêmes différences de mortalité entre les départements, il réclame un approfondissement des études pour en découvrir les raisons. En effet, s'il existe des « causes léthifères » que l'on peut dire de force majeure, il estime qu'un gros tribut mortuaire résulte de l'incurie régnant en France[94]. Il n'apporte sur ce point que quelques conjectures : ce tribut pourrait tenir par exemple au système des « nourrices mercenaires », ou encore aux mauvaises mœurs, telles que le célibat, puisque Bertillon oppose la « vie isolée et malsaine des célibataires » aux « salutaires soucis de la vie conjugale », suivant le témoignage de ses cartes.

L'auteur soupçonne toutefois la complexité du problème qu'il soulève, puisqu'il mentionne les rapports probables entre la mortalité et l'hygiène, ou l'activité professionnelle. Son atlas n'est encore qu'une incitation aux recherches, aux comparaisons, mais son apparence est suffisamment frappante pour qu'à l'occasion d'un projet de loi sur la protection de la première enfance, en 1874, le rapporteur exhibe à l'assemblée nationale une carte de Bertillon comme pièce justificative. Cet épisode, rapporté non sans fierté par Bertillon, renforce sa conviction de l'efficacité de l'image. Qu'elle attire l'œil des enfants ou des visiteurs d'une exposition, soit, mais si elle convainc les politiques, n'est-ce pas la preuve ultime de sa supériorité sur le discours ou les chiffres ? La passion pour la graphique atteint certainement une sorte de sommet ; « spontanéité et rapidité des impressions », rapports éloignés et inattendus qui « sautent aux yeux[95] », autant de qualités de la carte qui, pour n'être point mythiques, sont exagérément amplifiées, et qui, se posant en dogmes, retardent le nécessaire débat sémiologique.

93. *L.A. Bertillon, 1877, p. 7.*

94. *L.A. Bertillon, 1874, p. 63.*

95. *L.A. Bertillon, prospectus de* La démographie figurée, *s.l.n.d.*

L'INSTRUCTION POPULAIRE ET LES CONGRÉGATIONS

Les thèmes des œuvres privées, moins variés que ceux des albums officiels, explorent toutefois les nouvelles possibilités de la statistique par l'intermédiaire de quelques « sommes cartographiques ». Loua comme Bertillon ont, malgré des méthodes divergentes, des projets de cartographie totale de la population. Les thèmes classiques de la cartographie statistique sont toujours exploités, mais les indicateurs se sont multipliés. Ainsi J. Manier, pour reprendre avec l'instruction populaire un sujet cher à Dupin, n'en apporte pas moins un luxe de détail exemplaire. *La France sachant écrire et La France sachant lire*, publiées en 1867, sont encore des cartes classiques, mais Manier va introduire également des analyses comparatives et évolutives, en cartographiant l'*Instruction populaire en Europe*, et ce à deux dates différentes, 1867 et 1878, ou encore les *Progrès de l'instruction en France*, avec 4 cartes pour 1832, 1852, 1862 et 1867, dont l'éclaircissement graduel fournit un effet très convaincant. Par ailleurs, Manier est l'auteur de cartes départementales de l'instruction, sur la base des statistiques communales, pour l'Isère, la Charente, le Maine-et-Loire, le Jura, la Dordogne, etc. Les statistiques, ce n'est pas nouveau, sont encore manipulées à des fins politiques, et l'on constate que la cartographie propose quelques démonstrations visuelles partisanes. En 1867, Manier réalise sa carte de l'instruction populaire dans le département du Jura à la demande d'une loge maçonnique de Dôle. Vers la même époque, il construit une carte, restée inachevée, qui s'intitule *Progrès des congréganistes en France. 1850-1866*. Dans cette carte militante, pour l'école laïque, les valeurs devaient traduire par département le développement des congrégations aux dépens de l'école publique. C'est plus la notice que l'image qui nous révèle que Manier tient à montrer les effets néfastes du phénomène, adressant sa carte aux statisticiens, mais aussi aux contribuables.

En abordant l'instruction, la cartographie statistique ne pouvait que s'inscrire dans certains débats sociaux ou politiques du temps. Le Second Empire accorde de nombreuses satisfactions à l'Église et coïncide avec un essor rapide des congrégations, ce qui provoque une vive réaction anticléricale. René Rémond évoque une mobilisation, autour de 1865, d'adversaires comme de partisans de l'Empire (au Sénat ou dans l'administration), « contre les menées ultramontaines et l'intolérance ecclésiastique [96] ». La carte choroplèthe n'est-elle pas propre à dénoncer ce « parti clérical qui veut éteindre la lumière ? [97] » Comme en économie politique ou en médecine, cette cartographie n'est pas neutre mais engagée et persuasive. L'histoire des thèmes recoupe celle des idées, et par leur rhétorique, les cartes présentées ici sont autant cartes maçonniques ou anticléricales que cartes de l'instruction. En 1881, dans un autre contexte, puisque le Second Empire a vécu, Ferdinand Bonnange en fournit un autre exemple. Nous avons déjà évoqué le rôle de Bonnange au ministère de l'agriculture. Il propose cette fois l'une des rares cartes individuelles non choroplèthes : un cartogramme figurant la propriété immobilière des congrégations en France. Par département, Bonnange construit des carrés proportionnels à la superficie (en rose) et à la valeur (en bleu) des immeubles possédés par les congrégations religieuses. À

96. *Voir R. Rémond,* L'anticléricalisme en France de 1815 à nos jours, *Bruxelles, 1985 (1re éd., Paris, 1976), p. 160.*

97. *Expression de Victor Hugo, intervenant à l'Assemblée en 1850. Cité par R. Rémond,* op. cit., *note 96.*

l'obscurantisme de l'Église vient donc se mêler cet autre thème récurrent de l'anticléricalisme, l'enrichissement indû des congrégations au détriment des citoyens. Le propos politique transparaît dans les observations de Bonnange en marge de sa carte : « La valeur vénale des immeubles possédés et occupés par les congréganistes est de 712 538 980 F. Pour cette immense fortune, ils payent comme droit de patente 157 495 F, soit 0,022 F. POUR CENT FRANCS. »

Forcer la conviction par les cartes n'est après tout que l'exploitation logique des vertus pédagogiques qu'on leur prête. Les représentations prenant valeur de démonstration plutôt que d'illustration gratuite sont toutefois plus nombreuses encore dans le domaine scientifique. Après 1860, bien des résultats vont être inférés à partir d'étranges recoupements entre cartes anthropologiques, cartes des maladies et des infirmités, et répartition des races.

L'école de cartographie médicale et anthropologique

Au vœu que formulait Pariset, en 1820, de voir éclairer la médecine par des cartes topographiques, se substitue après 1860 le projet d'une véritable cartographie médicale thématique. Dans un rapport qu'il présente en 1867 à l'Académie de médecine, le docteur Bergeron insiste sur l'avantage qu'il y aurait à consigner les résultats des recherches sur les maladies sur des cartes, « qui donneraient en même temps une idée exacte de la topographie », et permettraient « de saisir d'un coup d'œil les rapports parfois inattendus qui rattachent les uns aux autres des faits d'ordre très différent [98] ». Bergeron réclame la généralisation de ce système de représentation graphique que plusieurs collaborateurs de l'Académie ont déjà mis en pratique. Selon lui, « le jour ou l'Académie présenterait au gouvernement une géographie médicale complète de l'Empire et lui montrerait ainsi sous l'aspect le plus saisissant (au moyen de cartes) les points du territoire où la force de la race menace de s'amoindrir, les causes certaines ou probables de cet amoindrissement, et les moyens les plus rationnels d'en arrêter les progrès, ce jour-là l'Académie pourrait se féliciter d'avoir accompli une œuvre d'utilité publique, une des plus grandes, assurément, qu'il lui fut donné d'entreprendre [99]. » La tâche envisagée ici a cependant changé quelque peu d'objet. Dans la seconde moitié du XIXe siècle, les médecins reconnaissent de plus en plus fréquemment, en matière d'épidémie, l'inanité des étiologies qui reposent plus particulièrement sur la topographie, souvent naïves et contradictoires. Cette évolution scientifique paraît imposer à la cartographie médicale une modification de son contenu : « autant en effet, note Bergeron, la pathogénie du plus grand nombre de nos maladies épidémiques est indépendante des conditions de lieu, autant paraissent être intimes au contraire, les rapports de causalité qui attachent les maladies endémiques au milieu topographique [100]. »

E.-J. Marey confirme cette évolution thématique que pressent Bergeron, lorsqu'il évoque en 1878 la substance de la géographie médicale : « elle étudie la répartition géographique de certaines maladies, ou de certaines infirmités. C'est surtout aux efforts des médecins militaires qu'on doit le

98. *E.-J. Bergeron, 1867, p. 60.*

99. Ibid.

100. Ibid., *p. 57.*

développement de la géographie médicale et la construction de cartes nombreuses, dont les unes se rapportent à la hauteur moyenne de la taille, les autres à la fréquence de certaines infirmités comme la myopie. Ailleurs c'est la mauvaise denture qu'on a considérée, ou bien les hernies, les varices et le varicocèle, les teignes, l'ivrognerie, etc. [101] » La cartographie des épidémies s'efface. Viennent au premier rang des préoccupations les « infirmités », catégorie complexe qui comprend toute une série d'affections que l'on pense être reliées au milieu. Le champ d'étude s'est également étendu à un caractère anthropologique, la taille humaine. Nous en expliquerons plus loin la portée scientifique. D'une manière significative, Marey indique : « une branche des plus intéressantes de la statistique est celle qu'on appelle la géographie médicale [102]. » L'école cartographique décrite ici a décidément choisi le langage quantitatif. Elle s'inspire de Malgaigne et de sa *Carte de la France hernieuse* de 1841. Elle fonctionne à partir d'une source privilégiée, dont l'intérêt et la richesse ont été reconnus précocement par le comte d'Angeville : les statistiques du recrutement militaire.

101. *E.-J. Marey, 1878, p. 80.*

102. Ibid.

LES FONDATEURS : BOUDIN ET BROCA

Plus de quinze ans après Malgaigne, Jean-Christian Boudin (1806-1867) et Paul Broca (1820-1880) appliquent à nouveau à la médecine les méthodes de la cartographie quantitative. Tous deux paraissent ignorer le maillon que constituent les cartes du comte d'Angeville, mais connaissent en revanche l'œuvre de Malgaigne : Boudin fait référence à la carte de la France hernieuse ; Broca est quant à lui un disciple direct du chirurgien.

Le docteur Boudin fait carrière dans l'armée : il est médecin-chef à l'hopital militaire de Vincennes, détaché à l'armée des Alpes en 1849, puis à l'armée d'Italie en 1859. Son rôle est primordial dans le développement de l'école cartographique examinée ici, car il est à l'origine de la publication des documents relatifs à l'état sanitaire des troupes que réalise la Fondation de la Statistique Médicale des Armées : les *Comptes-rendus sur le recrutement*. En 1857, il tire parti de cette source statistique en publiant les deux tomes de son *Traité de géographie et de statistique médicale et des maladies endémiques*. L'ouvrage réserve une place importante à l'illustration cartographique, comme Boudin l'indique en sa préface : « Plusieurs questions de géographie médicale nous ont paru dignes d'être appuyées de cartes et de dessins graphiques destinés à faciliter l'intelligence du texte. Ces cartes et ces dessins, dont l'exécution a été confiée à des artistes de talent, ont trait à la météorologie médicale, à l'ethnographie, ainsi qu'à la distribution géographique de diverses maladies. Schnurrer et Berghaus en Allemagne, et Johnston en Angleterre, ont publié des cartes de la distribution générale des maladies à la surface du globe, mais on peut reprocher à ces cartes, malgré tout leur mérite, d'être incomplètes et de manquer de précision [103] ». La cartographie de Boudin est quantitative, et c'est en cela qu'il conçoit le gain de précision. Aussi, quels que soient les grands prédécesseurs qu'il cite, c'est bien à Malgaigne que sa cartographie est redevable : comme lui, Boudin va plus loin que les pionniers anglo-saxons. Ses cartes s'opposent à leurs cartes différen-

103. *J.-C. M. Boudin, 1857, tome 1, p. X.*

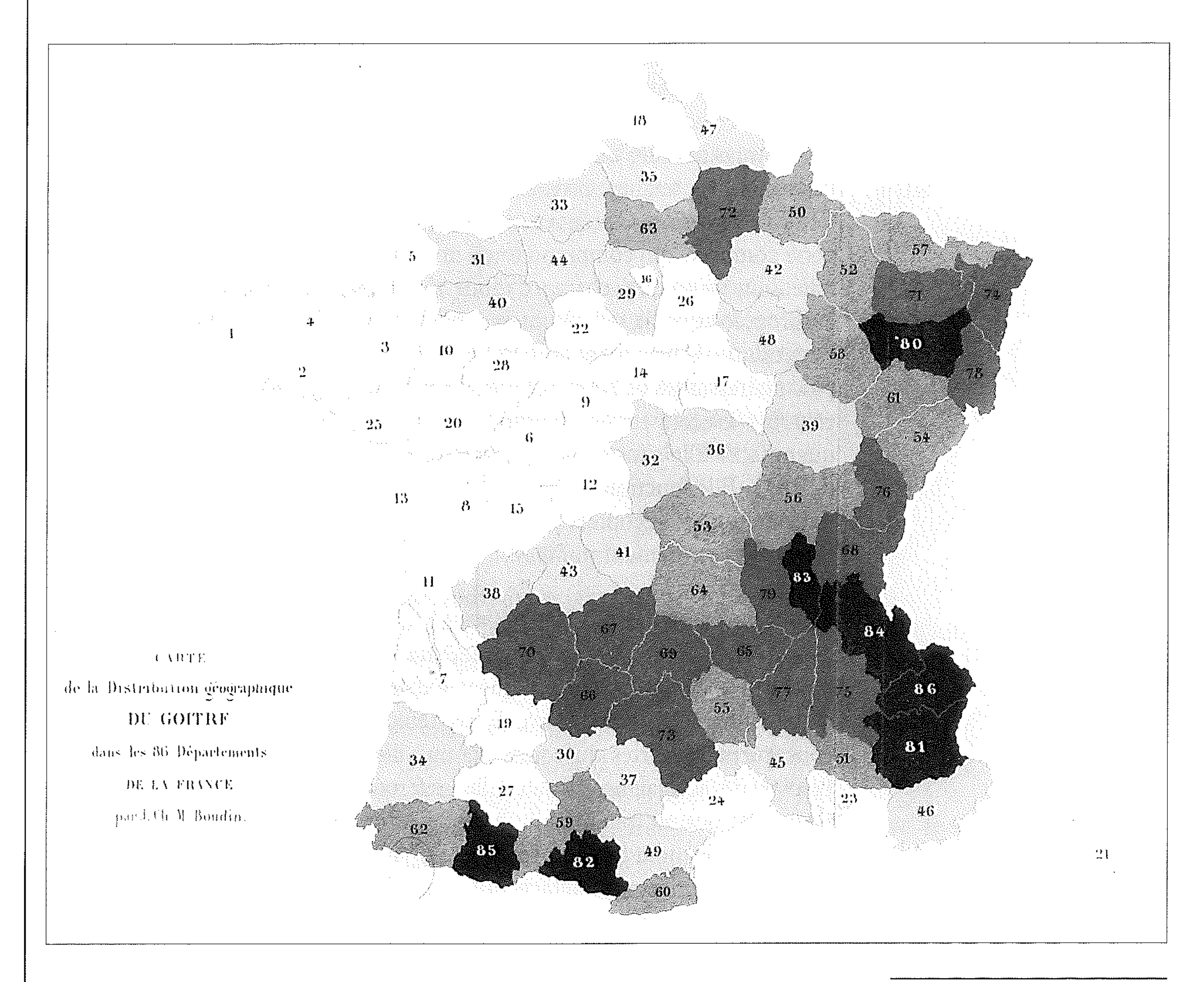


Fig. 66. J.C.M. Boudin, *Carte de la distribution géographique du goître dans les 86 départements de la France*, 1857. (Cliché : B.N., Service photographique.)

tielles (ou qualitatives) comme s'opposent dans son chapitre introductif, relativement à la géographie médicale, une « préhistoire » et une période dite de « statistiques pures ».

Sur neuf planches d'illustrations, trois sont constituées de diagrammes, et six présentent des cartes de France, teintées par département. Certaines ont directement trait à la pathologie : les cartes de la distribution géographique du goître (planche 3), des hernies (planche 7), des maladies de poitrine (planche 8), et des scrofules (planche 9) (exemple en figure 66). Il s'y ajoute deux cartes qui relèvent, dans l'esprit de l'auteur, de l'étiologie : *Carte des accidents causés par la foudre dans les 86 départements de la France* (planche 4) et *Carte de la population juive dans les départements de la France* (planche 5). Les cartes de distribution des maladies sont construites à partir de la moyenne du nombre d'exemptés pour *n* recrues, par département, sur la période 1837-1849. Le nombre de paliers de valeur (ou de classes numériques), quatre ou cinq, correspond à une division arbitraire des séries statistiques : Boudin recherche comme limites aux intervalles des chiffres ronds,

et au sein de chaque intervalle, une somme de départements comprise entre 15 et 20.

Dans les années qui suivent, la cartographie statistique apparaît à nouveau à plusieurs reprises dans l'œuvre de Boudin. En 1862, ses recherches sur « la nécessité des croisements et [le] danger des unions consanguines » sont l'occasion d'une *Carte de la distribution géographique des sourds-muets en France, en 1858* [104]. En 1863, ses travaux d'ethnologie le conduisent à illustrer de manière très complète le thème de la taille humaine par une série de sept cartes [105], reproduites partiellement deux ans plus tard dans un mémoire de la Société d'Anthropologie. Le « système Dupin » y apparaît simplifié à l'extrême : chaque carte se limite à deux ou trois paliers de valeur.

À la même époque, cet intérêt des médecins envers l'anthropologie est confirmé par les travaux de Paul Broca. Broca est docteur en médecine en 1849, chirurgien et professeur de pathologie chirurgicale, mais son nom reste avant tout attaché aux premières études scientifiques dans le domaine de l'ethnologie : il fonde en 1861 l'École d'anthropologie, et inaugure en 1863 les travaux de la Société d'anthropologie [106]. Ses cartes viennent à l'appui de ses analyses sur les types ethniques. La première, une fois encore établie à partir des données des conseils de révision, est la *Carte des exemptions pour défaut de taille depuis 1831 jusqu'à 1849 inclusivement*, qui paraît dans le premier volume des *Mémoires de la Société d'anthropologie* [107]. Broca y utilise la variation de valeur, qui demeure le vecteur privilégié de l'expression cartographique en médecine : « ce procédé, fréquemment employé par les statisticiens, donne ici un résultat qui saisit immédiatement la vue [108] ». La carte comprend quatre paliers, les seuils numériques étant choisis de façon à ce que chaque intervalle contienne à peu près le même nombre de départements, vingt et un ou vingt-deux.

En 1869, Broca présente dans les *Nouvelles recherches sur l'anthropologie de la France* une seconde version de la carte dessinée en 1859 [109]. Les données numériques sont mises à jour, tandis que l'échelle des valeurs est réduite de quatre à trois paliers, ce que Broca considère comme suffisant pour l'expressivité, même si cette modification gêne, comme il le remarque, le rapprochement des deux versions : « en comparant les deux cartes, on devra donc tenir compte de l'ordination des départements et du nombre proportionnel des exemptions indiquées sur les tableaux, plutôt que des teintes elles-mêmes [110]. » Les scrupules de Broca à propos d'éventuelles comparaisons entre des cartes différemment construites seront très peu partagés, nous le verrons, par ses confrères. Les *Nouvelles recherches* ont encore l'intérêt de présenter une application régionale de cartographie statistique anthropologique, exemple rare en une période où la statistique descend rarement au-dessous de la base départementale (d'ailleurs retenue dans les comptes-rendus du recrutement). Il s'agit d'une *Carte de la taille en Basse-Bretagne* [111] (figure 67) construite d'après les divisions cantonales, qui résulte d'ailleurs de données « recueillies sur place » par Broca.

104. *J.-C. M. Boudin, 1862, carte opp. p. 237.*

105. *Voir J.-C. M. Boudin,* 1863. *Les cartes sont les suivantes :*
- Carte de la distribution géographique des exemptions pour défaut de taille en France.
- Carte de la distribution géographique de la taille militaire en France.
- Carte de la distribution géographique des hautes tailles (tailles de cuirassiers et de carabiniers) en France.
- Carte de l'aptitude militaire et des exemptions pour défaut de taille en Belgique.
- Carte des hautes tailles dans les États sardes.
- Carte de l'aptitude militaire de 1850 à 1859, comparée avec celle de 1837 à 1849.
- Carte de l'aptitude militaire en France (classes de 1850 à 1859) dans ses rapports avec les naissances masculines.

106. *Il se crée à cette époque une relative incertitude sur les définitions des différentes sciences mentionnées ici. Paul Broca réserve le terme « ethnologie » aux études purement raciales et anatomiques. Il utilise souvent le terme « ethnographie » comme synonyme, et étend l'acception de l'« anthropologie » aux faits culturels.*

107. *P. Broca, 1860-1863, tome 1, carte p. 56.*

108. Ibid., *p. 27.*

109. *P. Broca, 1869, carte p. 224.*

110. Ibid., *p. 153.*

111. Ibid., *p. 224.*

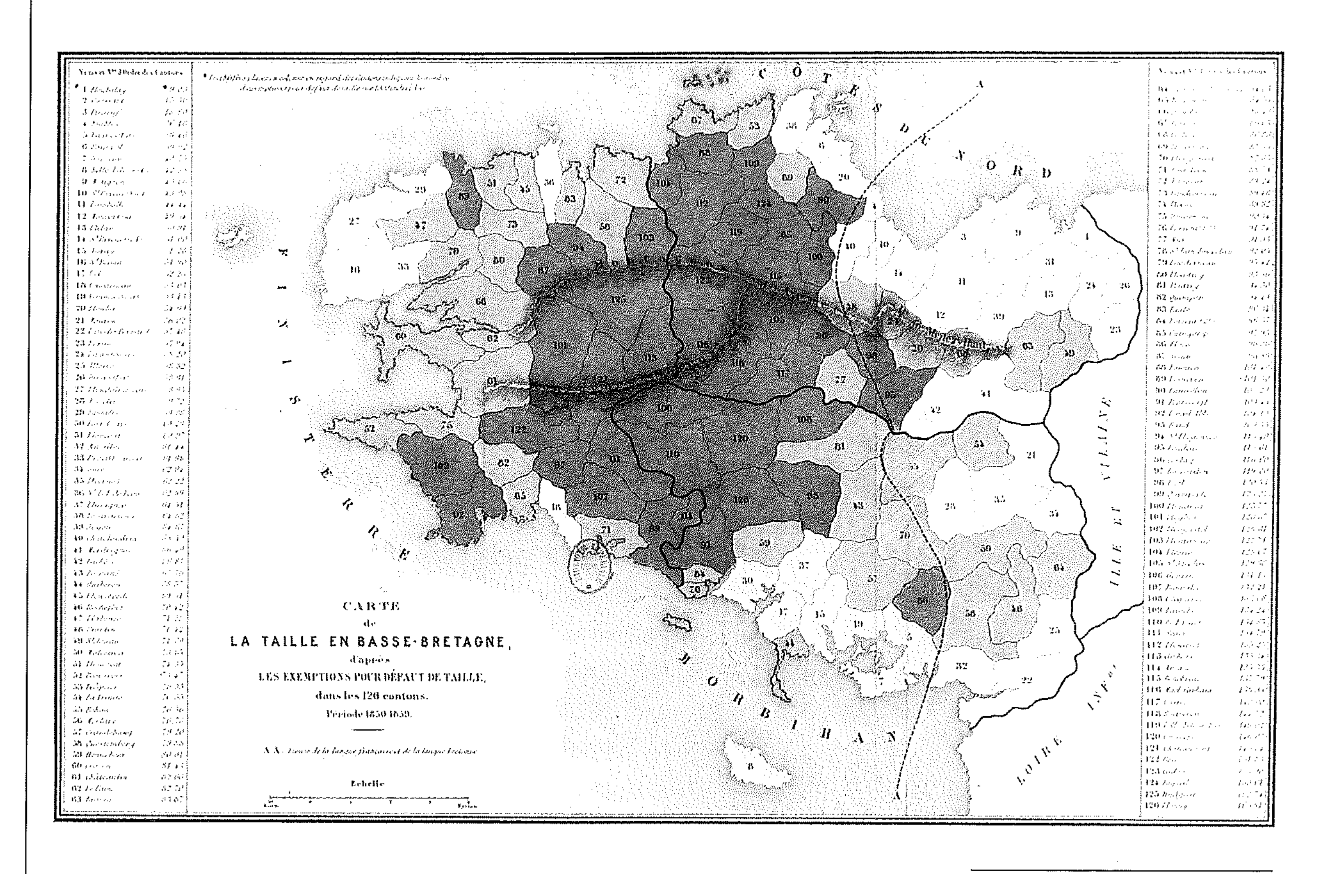


Fig. 67. P. Broca, *Carte de la taille en Basse-Bretagne…*, 1869. (Cliché : B.N., Service photographique.)

LES DISCIPLES

Si E.-J. Marey parle de la géographie médicale comme d'une « branche » de la statistique, et que nous évoquons une véritable école de cartographie, c'est qu'en effet de nombreux médecins, à partir des années 1860, illustrent leurs communications de cartes statistiques en reconnaissant fréquemment leur dette envers les docteurs Boudin et Broca. En 1861, le médecin-major Sistach publie une étude statistique illustrée de deux cartes, portant sur les infirmités et le défaut de taille [112], dont l'idée première, affirme-t-il, « appartient complètement à M. Boudin ». Le recours à la graphique s'étend par la suite à de nombreux sujets, les auteurs se spécialisant par « infirmité », et complétant ainsi le traité du docteur Boudin. En 1863, c'est encore Sistach qui dresse la *Carte de la distribution géographique des varices* et la *Carte de la distribution géographique des varicocèles dans les 86 départements de la France* (figure 68) [113]. En 1865, le docteur Bergeron illustre la distribution géographique de l'alopécie et des teignes [114]. Dans les années qui suivent paraissent encore des cartes qui ont trait au bégaiement ou aux altérations du système dentaire, des médecins Arthur Chervin et Étienne Magitot. Le docteur Lagneau présente en 1871 une première synthèse de ces travaux, avec ses *Quelques remarques ethnologiques sur la répartition de certaines infirmités en France*. Il publie sept cartes qui reprennent partiellement, en les simplifiant, certaines œuvres de ses confrères, relativement aux exemptés pour défaut de

112. *F. Sistach, 1861, cartes opp. p. 369 et 376.*

113. *Voir F. Sistach, 1863, annexes.*

114. *E.-J. Bergeron, 1865, cartes p. 18 et 31.*

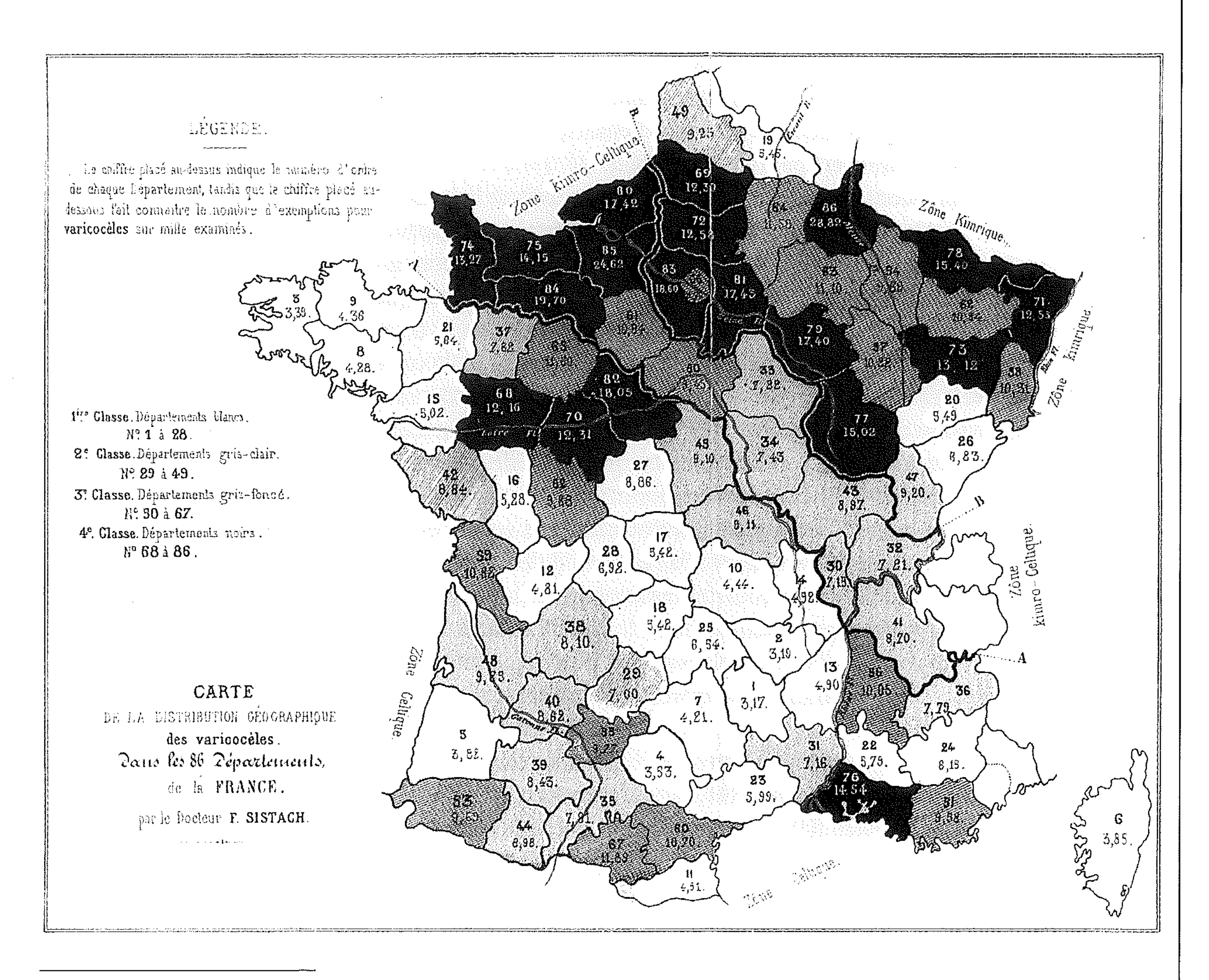


Fig. 68. F. Sistach, *Carte de la distribution géographique des varicocèles dans les 86 départements de la France*, 1863. (Cliché : B.N., Service photographique.)

taille, myopie, mauvaise denture, hernies, varicocèles, varices, et infirmités en général.

Après cette date, plusieurs autres exemples témoignent encore de la vitalité de la statistique médicale et anthropologique. Ainsi, en 1880, le docteur Lunier annonce dans le *Journal de la Société de Statistique de Paris* son projet de construire une carte de la répartition des épileptiques. À l'exposition universelle de 1889 est présentée une *Carte de la couleur des yeux et des cheveux en France*, dessinée par le docteur Topinard, ainsi qu'une carte de l'indice céphalique par Collignon, médecin militaire, inventeur d' une méthode rapide pour déterminer l'ethnographie du contingent [115]. Les progrès de la statistique permettent d'obtenir une précision accrue : infirmités ou caractères anthropologiques sont ainsi cartographiés sur la base du canton, dans les travaux des docteurs Chassagne, Chervin et Collignon, respectivement sur la Basse Bretagne, la Seine-inférieure et les Côtes du Nord [116]. Enfin, plusieurs cartes conçues par des médecins ne traitent pas directement de la pathologie. Elles révèlent à nouveau ces liens qu'entretient la médecine avec la démographie, voire la statistique morale et sociale. Ainsi, le médecin-

115. *Voir P. Topinard, 1889, carte p. 521. Topinard signale l'existence de la carte de R. Collignon, que nous n'avons pu retrouver.*

116. *Voir A. Chassagne, 1881 ; A. Chervin, 1883 ; R. Collignon, 1891.*

major Allaire élabore en 1863 une carte de la distribution géographique des morts-nés, Lunier présente, en 1877, une cartographie complète de l'alcoolisme en France et de ses conséquences, y compris pénales, et Lagneau figure en 1884 la proportion d'étrangers par département [117].

117. *L.-V. Allaire, 1863, carte opp. p. 258. L. Lunier, 1877, six cartes en annexe. G. Lagneau, 1884, carte h.-t.*

L'ensemble des cartes recensées ici ne semble guère devoir retenir l'attention par son originalité graphique, et paraît même souvent en retrait par rapport aux premières représentations par paliers de valeur. Comme c'est fréquemment le cas dans la cartographie quantitative du XIXe siècle, il manque presque toujours aux cartes médicales une indication d'échelle, et le titre-même est parfois absent. Mais il apparaît surtout que le procédé de la carte teintée est abusivement simplifié par de nombreux auteurs. Le docteur Lagneau propose ainsi des cartes contruites à partir de trois, voire deux paliers de valeur ! On trouve cependant plus couramment des cartes en comptant quatre ou cinq. En 1884, le docteur Bordier, pour les cartes de sa *Géographie Médicale*, commet l'erreur d'utiliser pour traduire ses séries statistiques une échelle de une à trois couleurs. Par ailleurs, il dénature l'information graphique, puisque chaque couleur correspond à une moyenne, calculée pour un groupe de départements : ainsi, loin d'offrir au lecteur la possibilité d'opérer un regroupement visuel spontané, il présente un regroupement provenant du choix arbitraire des départements pris en compte pour chaque moyenne.

Le seul progrès graphique notable paraît être, pour certaines cartes tardives, de Lunier en 1877, ou de Collignon en 1891, la figuration en légende du diapason des teintes, avec leur signification numérique. Il apparaît ainsi dans le dessin-même, et non plus seulement par l'écrit, une mise en relation de la variable visuelle choisie et des catégories de l'information, permettant une « identification interne [118] ». Cette identification est obtenue par le dessin d'une variation-type, ici les différents paliers de valeur qui correspondent aux intervalles statistiques retenus. Le plus curieux est sans doute l'absence quasi-générale de telles légendes avant la fin du siècle, alors que la cartographie classique y recourait de manière usuelle. Cela tient sans doute au caractère d'évidence prêté au message graphique par la plupart des auteurs. Par ailleurs, la rigueur statistique s'efface derrière la figuration simplifiée de hiérarchies départementales ou régionales. L'utilité de la légende ne pénètre que lentement les esprits.

118. *Voir J. Bertin, 1973, p. 19 et p. 24-27.*

Peu remarquables sur le plan graphique, ces cartes jouent cependant un rôle déterminant dans la réflexion scientifique. Elles n'apparaissent pas fortuitement, mais se rapportent à des conceptions particulières partagées, avec certaines nuances, par tous les médecins que nous avons cités. Au caractère circonstanciel des théories médicales qu'ils développent, et qui sont dans le cas présent représentatives d'un courant de pensée pré-pastorien ou pré-bactériologique, répond d'ailleurs l'usage tout aussi momentané de la cartographie comme instrument du savoir médical. Ces théories scientifiques peuvent apparaître comme le prolongement de la géographie médicale classique, dans la tradition hippocratique. On ne songe plus à définir, comme aux beaux jours de la querelle des contagionnistes et des anticontagionnistes,

ces sortes de « pathocénoses » que constituaient les foyers d'infection, mais les éléments du milieu naturel sont toujours retenus comme hypothèses étiologiques, que la cartographie peut corroborer, ou infirmer.

Cela reste le cas pour la topographie : H. Bertrand met en rapport les goîtres, « si fréquents dans nos Alpes », avec « l'effort continuel que nécessite la locomotion sur des pentes escarpées [119] ». Le docteur Sistach rappelle les remarques de Boudin sur la plus grande fréquence des hernies dans les pays de plaine que dans les pays de montagne, et indique pour sa part : « quant aux varices, l'examen de notre carte permet de constater que leur fréquence se montre complètement indépendante de ces deux ordres d'influence [120] ». C'est encore la carte qui lui permet d'écarter l'affirmation du médecin Allaire, selon laquelle les varices suivent presque constamment les grands cours d'eau [121]. L'analyse du milieu s'étend à bien d'autres éléments naturels. Quelques médecins évoquent les assises géologiques. H. Bertrand mentionne ainsi « l'immunité des terrains primitifs par rapport au choléra [122] ». Mais en fait, après 1860, cette catégorie d'influences ne recueille plus guère de suffrages. Il en va tout autrement pour les facteurs climatiques, toujours tenus pour essentiels. Rares sont les traités de géographie médicale qui omettent de leur consacrer une place substantielle. Boudin signale d'ailleurs, en sous-titre de son traité, que celui-ci comprend « la météorologie médicale ». On peut encore évoquer à ce propos le *Traité de climatologie médicale* du médecin genevois Henri-Clermond Lombard, de 1880, complété par un *Atlas de la distribution géographique des maladies dans leurs rapports avec le climat*, ou les longs développements sur ce thème du climat, dans la *Géographie médicale* publiée en 1884 par le docteur Bordier. Il est d'ailleurs très révélateur de constater que l'une des premières tentatives françaises de cartographie synthétique des facteurs climatiques provienne du milieu médical : c'est Boudin lui-même qui réalise en 1851 une *Carte physique et météorologique du globe*, dédiée à Humboldt, où sont portées les lignes isothermes, les limites des glaces et des neiges, les directions des vents; et diverses « régions » particulières (des alizés, des moussons, etc.). Pourtant, il paraît évident que les cartes médico-statistiques que nous avons inventoriées n'interviennent plus exclusivement dans le cadre des règles de la géographie médicale traditionnelle, telles qu'elles avaient été composées à la fin du XVIIIe siècle. La géographie médicale ne cherche plus à résoudre le problème de la causalité médicale par le seul examen d'influences physiques. Elle s'appuie surtout sur la confrontation du mode de répartition d'une maladie avec le mode de répartion d'autres phénomènes, quels qu'ils soient. Ainsi, les hypothèses étiologiques n'ont pas de limitation théorique : l'étude des « conditions locales » peut comprendre la densité, l'instruction, les professions, la criminalité, etc. Le docteur Lagneau, à partir de sa carte de la répartition de la myopie, évoque par exemple la possibilité d'une influence des travaux minutieux, de la lecture, des activités « qui obligent l'œil à regarder de très près des objets de petit volume [123] », puis il la rejette, au vu des chiffres du Jura, où l'occupation horlogère ne crée pas plus de myopie, et en comparant sa carte avec la *Carte des jeunes gens sachant lire en 1866* de Manier.

119. *H. Bertrand, 1869, p. 179.*

120. *F. Sistach, 1863, p. 49.*

121. Ibid., *p. 50-51. L'hypothèse ici rejetée était formulée dans L.-V. Allaire, 1861, p. 16.*

122. *H. Bertrand, 1869, p. 179. Les « terrains primitifs » désignent ici les formations géologiques du primaire.*

123. *G. Lagneau, 1871, p. 10.*

La confrontation des répartitions aboutit souvent à écarter d'éventuelles influences pathogènes. Mais l'une d'entre elles est rapidement privilégiée par plusieurs auteurs, tels Sistach, Lagneau, ou Magitot : il s'agit de l'influence des éléments ethniques, de la race. La clé de la distribution de certaines maladies est alors recherchée dans une anthropo-pathologie, et cette conception nouvelle se comprend essentiellement en fonction des travaux de Paul Broca. Ce dernier élabore en 1860 une théorie originale sur la répartition des types ethniques en France. S'appuyant sur des arguments historiques, il affirme que le territoire français se partage en trois domaines raciaux, le domaine celtique, le domaine kimrique, et un domaine de transition, kimro-celtique[124]. Broca reste bien sûr mesuré : il admet qu'il y a eu des croisements raciaux, mais malgré tout, ses divisions restent valables dans la mesure où « la majorité des habitants participe de l'une ou l'autre race[125] ». Broca s'appuie ensuite sur cette répartition « ethnologique » pour expliquer sa carte de la variation de la taille en France, en observant : « tous les départements blancs, moins trois, sont groupés dans la zone kimrique, où trois départements seulement appartiennent aux classes suivantes. D'un autre côté, tous les départements noirs, moins un, et tous les gris-foncé, moins deux, sont compris dans la zone celtique. Enfin, il y a dans la zone kimro-celtique, sur treize départements, un département blanc, deux gris foncé et tous les autres sont gris clair[126]. » Il conclut ainsi : « j'ai beau passer en revue toutes les causes [...] qui pourraient être invoquées pour expliquer les différences de taille dans les diverses régions de France, je n'en trouve aucune qui puisse rendre compte des résultats consignés dans notre carte. Il suffira de jeter un coup d'œil sur ces diverses conditions pour reconnaître que la seule influence nettement appréciable est l'influence des races[127]. » Si la carte de la variation de taille est censée s'expliquer par la répartition des races, on peut aussi constater que par un renversement curieux du raisonnement, elle contribue en même temps à la confirmer. Rapidement, la carte de Broca est constituée en preuve de l'hypothèse de départ. Cela paraît clair dans l'esprit de l'auteur, qui affirme : « mes recherches statistiques et géographiques sur la taille ont pour la première fois donné une base rigoureuse à la démonstration de ce fait [l'existence de deux souches ethniques en France][128] ». Cela n'est pas moins évident pour plusieurs contemporains de Broca : le docteur Boudin, en 1865, vante les mérites de son collègue, qui a complété, « par ses études sur la taille, la démonstration de l'existence de ces deux races[129]. »

Dès lors, un bon nombre de cartes médico-statistiques expriment l'exploration de cette nouvelle théorie. Les recherches sont longtemps conduites à partir de la seule référence que constituent les cartes de Broca. En 1885, le docteur Topinard considère encore celle de 1869 comme « le document le plus important, le seul même que nous possédions sur la répartition des races de la France [et qui] restera toujours la base d'opération de toutes recherches anthropologiques sur notre pays[130]. » Mais, prise à l'origine comme un facteur d'explication de la distribution d'un caractère anthropologique, la race joue bientôt un rôle parallèle pour la pathologie. Le doc-

124. *Voir P. Broca, 1860-1863.*

125. Ibid., *p. 24.*

126. Ibid., *p. 27.*

127. Ibid., *p. 44. Pour les quelques département qui dévient de son schéma général, Broca évoque certains croisements raciaux qu'il essaie d'étayer historiquement.*

128. *P. Broca, 1869, pp. 154-155.*

129. *J.-C. M. Boudin, 1865, p. 231.*

130. *P. Topinard, 1885, p. 483-484.*

teur Lagneau, lorsqu'il recueille en 1871 les travaux de ses confrères, sur le défaut de taille, la myopie, les altérations dentaires, les hernies, les varices, les varicocèles et les infirmités en général, déclare qu'il désire « rassembler quelques documents propres à démontrer cette influence de la race sur la pathogénie de notre pays [131]. » Les observations du docteur Magitot sur la distribution des altérations dentaires traduisent la même préoccupation : « si l'on vient à comparer notre carte à celles qui ont été dressées pour divers autres caractères, comme par exemple celle de M. Broca sur les répartitions de la taille, on arrive à un résultat digne de remarque. Ainsi, les deux groupes blancs sur notre carte sont noirs sur celle de M. Broca, et la même inversion se retrouve sur nos régions noires, qui sont blanches dans l'autre carte [132] » Magitot se prononce d'ailleurs clairement en faveur de l'influence raciale, après avoir éliminé diverses autres hypothèses. La conclusion n'est pourtant pas toujours positive : Sistach reproduit sur sa carte des varices et varicocèles la division ethnique de Broca (figure 68), mais estime que le facteur racial n'agit ici qu'à un faible degré, aucun élément précis ne permettant d'y rattacher les différences de moyennes départementales pour les maladies qu'il considère. Ces travaux médicaux s'interrogent, se répondent : la carte n'est pas une fin en soi mais l'instrument d'une vaste corrélation, qui relève pour partie d'une nouvelle branche du savoir médical : la pathologie comparée [133].

Un déterminisme raciologique

Il apparaît nettement que la cartographie contribue, sous le couvert de l'évidence du message graphique, à des inflexions de la géographie médicale scientifiquement suspectes. Nous pouvons l'observer une première fois lorsque Broca induit la répartition des races à partir de la distribution d'un unique caractère anthropologique. D'ailleurs, la carte de la taille est jugée par le docteur Lagneau, en 1879, comme une base peu solide pour l'anthropo-pathologie. Lagneau relève les insuffisances de la cartographie française dans le domaine ethnologique : seules quelques cartes secondaires ont été dressées, comme une carte linguistique, par Élisée Reclus. Dans le même temps, en Allemagne, Kiepert ou Berghaus ont consacré à l'ethnologie plusieurs cartes thématiques. Aussi Lagneau cherche-t-il à préciser les hypothèses de Broca en réalisant une carte ethnologique détaillée (figure 69) [134], qu'il conçoit comme une contribution à la géographie médicale : ses indications doivent permettre aux médecins de « saisir les relations existant entre la répartition géographique de certaines particularités anatomiques, physiologiques, ou pathologiques, avec la répartition géographique de l'une ou l'autre des races composant notre population [135]. »

À la fin du siècle, le Dr. Topinard, ainsi que René Collignon, médecin militaire, présentent respectivement à l'exposition universelle de 1889 une *Carte de la couleur des yeux et des cheveux en France* et une *Carte de l'indice céphalique* qui visent encore à renforcer les observations de leur maître Broca, en améliorant l'analyse anthropométrique des races qu'il avait discernées [136]. Pourtant, outre la fragilité de la démonstration de Broca, le principal problème de

131. *G. Lagneau, 1871, p. 16.*

132. *E. Magitot, 1867, p. 16.*

133. *J.-C. M. Boudin note ainsi dans son traité (1857, tome II, p. 247) : « Au point de vue scientifique, la comparaison de la fréquence et de la gravité relatives des maladies ne constitue pas seulement la pierre angulaire de la pathologie géographique et historique ; elle sert encore de base à une science nouvelle sur laquelle nous avons eu plusieurs fois l'occasion d'appeler l'attention : nous voulons parler de la pathologie comparée des races humaines. »*

134. *La carte est publiée dans G. Lagneau, 1879. Elle est la réduction d'une carte peinte, beaucoup plus grande, que Lagneau présente devant l'Association pour l'Avancement des Sciences et dépose à l'exposition des sciences anthropologiques de 1878. La carte imprimée en 1879 n'a ni titre, ni échelle, ni légende. L'explication des signes est donnée dans le cours de l'article : « Toutes les régions occupées par les habitants d'une même race sont indiquées par les mêmes signes : points, croix, lignes, traits, etc., plus ou moins rapprochés suivant que cette race est plus ou moins prédominante. La présence dans une même région de plusieurs sortes de signes, plus ou moins nombreux, indique la coexistence et l'immixtion de plusieurs races, en proportion plus ou moins grande. »*

135. *G. Lagneau, s.d., p. 8.*

136. *Voir note 115.*

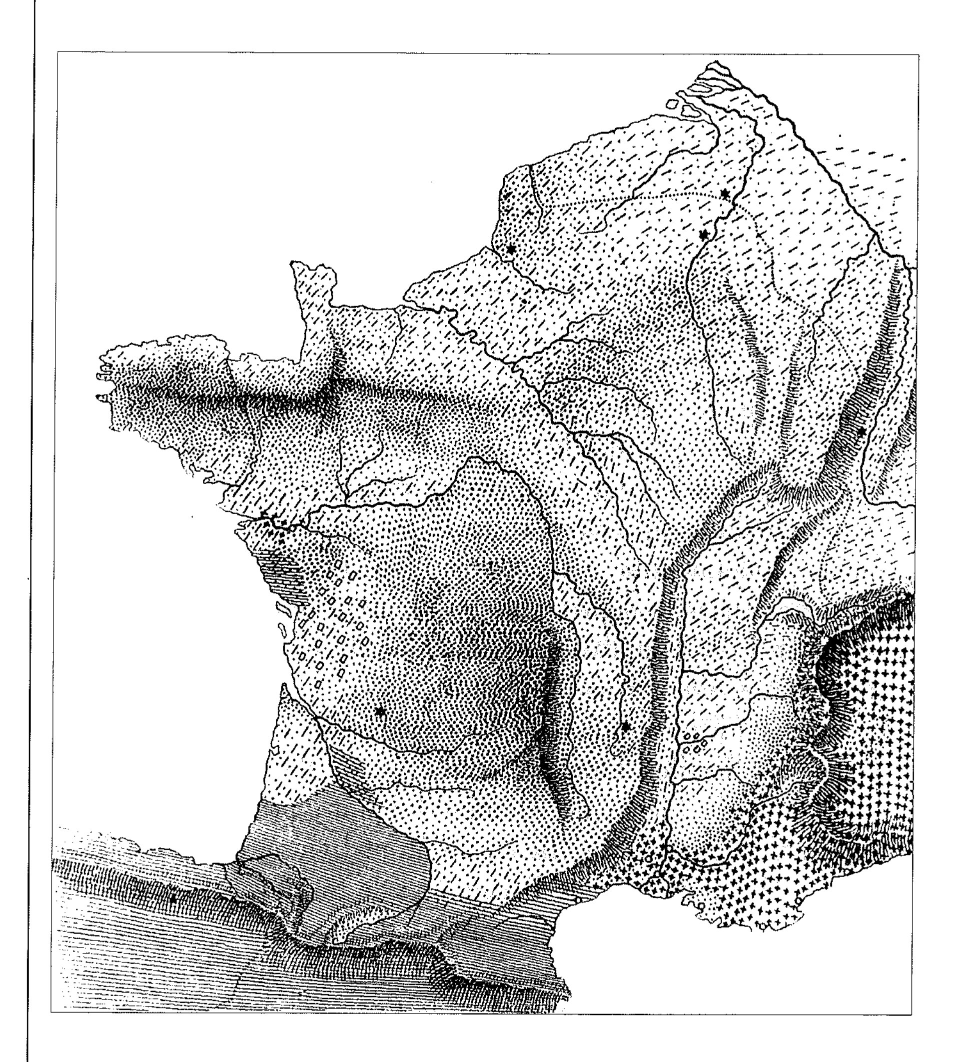


Fig. 69. G. Lagneau, *Carte ethnographique de la France*, 1879. (Cliché : B.N., Service photographique.)

méthode paraît posé par les corrélations cartographiques. Nous en disposons d'un exemple presque caricatural dans le domaine de la géographie médicale, avec les remarques du docteur Allaire sur sa carte de la distribution des morts-nés. Après avoir multiplié les éléments de comparaison (infirmités, densités, données géographiques, criminalité – les cartes de Guerry sont d'ailleurs citées en référence – ou instruction), Allaire souligne « En résumé, d'après les précédentes recherches, je crois qu'on peut admettre que les mort-nés croissent avec la densité de la population, les marais, l'instruction et les crimes contre les personnes [137]. » ! Quoiqu'il semble moins fantaisiste, le mode de raisonnement de nos anthropo-pathologistes n'est pas d'une autre nature : la carte devient le moyen de passer, avec apparence de logique, d'un phénomène à l'autre. L'argumentation répercute, comme en statistique morale et sociale, l'« erreur écologique », puisqu'elle se construit sur la comparaison d'unités collectives, les départements [138]. Le raisonnement tient aussi du syllogisme : la variation dans l'espace est le seul médium entre des informations d'ordre différent, ce qui est évidemment discutable, mais surtout dangereux dans la mesure où l'on passe volontiers de l'observation d'une corrélation à l'affirmation d'une relation de cause à effet.

137. *L.-V. Allaire, 1863, p. 263.*

138. *Voir au chapitre II la note 41.*

J. Léonard, dans son étude sur le savoir médical au XIXe siècle, constate que la géographie médicale « enrôle généreusement la géologie, la climatologie, l'économie, la description ethnographique, la pathologie ethnique, la craniométrie, etc. [139] » Il est vrai que le problème de la causalité médicale a été le plus souvent résolu par une étiologie multifactorielle, et la répartition des races et des caractères anthropologiques ne fait que s'ajouter, semble-t-il, à la longue liste des facteurs d'explication retenus. Ainsi, on peut penser que les auteurs développent tout d'abord un discours de géographie médicale qui n'est que tempéré par la distribution des races. Le docteur Boudin, en 1862, au vu de sa cartographie de la distribution géographique des sourds-muets, se résigne à rechercher les causes de la surdi-mutité dans un autre ordre que les conditions de lieu, et il n'évoque qu'à titre d'hypothèse la possibilité d'attribuer à la race un rôle dans cette répartition. Ainsi, posant l'existence d'un lien entre cette infirmité et la fréquence des mariages consanguins, il attribue le grand nombre de sourds-muets en Alsace à la forte proportion de juifs qui habitent cette région [140] ! Broca ne prétend pas non plus que les éléments ethnologiques « soient la seule et unique cause des variations de la taille humaine [141] ». Enfin, le docteur Lagneau, en 1871, reste encore nuancé lorsqu'il affirme qu'« une prédisposition ethnique pourrait parfois, mieux que les influences géographiques ou de milieu, rendre compte de la fréquence relative de certaines infirmités parmi les hommes des diverses régions de la France [142] ». Malgré ces précautions de langage, beaucoup d'auteurs ont de toute évidence franchi le pas séparant l'étiologie multi-factorielle du déterminisme racial. Comparant leurs cartes à la carte de la taille de Broca, tenue pour une image de la répartition des races, ils s'éloignent de la recherche de « concordances partielles » pour affirmer « la prédisposition pathologique des races [143] ». La géographie médicale s'est réordonnée autour des thèmes anthropologiques : le docteur Bertrand, dans son historique de la cartographie médicale, reconnaît en conclusion que « chaque race a des mœurs différentes, des habitudes nées du sol, du climat, un mode de nourriture variable, des professions diverses, et de toutes ces circonstances naissent autant de prédispositions à des maladies différentes [144]. » Les conditions de milieu ne sont plus considérées que comme apportant des correctifs aux répartitions ethniques, donnée de base. Cette évolution de la géographie médicale s'est concrétisée dans le vocabulaire scientifique en 1860 : treize ans avant que l'Allemand Ernst Haeckel, maître de l'illustre Ratzel, ne forge le mot écologie, « Louis-Adolphe Bertillon cherche un nom pour désigner l'interaction de ces facteurs, l'influence réciproque des milieux naturels et des êtres vivants ; il propose « mésologie », à la charnière de la géographie médicale et de la démographie qualitative [145]. »

139. *J. Léonard, 1981, p. 166.*

140. *J.-C. M. Boudin, 1862, p. 237-238.*

141. *P. Broca, 1860-1863, p. 43.*

142. *G. Lagneau, 1871, p. 2.*

143. Ibid., *p. 18.*

144. *H. Bertrand, 1869, p. 181.*

145. *J. Léonard, 1981, p. 167.*

LA CARTE : UN LANGAGE CIRCONSTANTIEL

La cartographie médicale est étroitement liée à un état provisoire du savoir scientifique. La pathologie comparée peut ainsi être associée à « une sorte de dramatisation des thèmes médico-biologiques [146] » au cours du dernier tiers du XIXe siècle, phénomène qui s'explique en partie par l'introduction du darwinisme en France. Sans vouloir s'attarder sur un aspect qui relève de l'histoire

146. Ibid., *p. 268.*

générale des sciences, remarquons que Broca est lui-même darwiniste, et que la pathologie comparée, fondée par ses recherches et celles de Boudin, va dans le sens des thèses du naturaliste anglais, à tel point que ses adversaires dans le monde médical la dénoncent comme un discours militant en faveur du transformisme. Le docteur Fabre, en 1897, tourne ainsi en dérision cette « anthropo-pathologie darwinienne », censée fournir arguments contre le monogénisme. En effet, si les déviations pathologiques varient selon les hommes, et non selon des causes extérieures, il est possible de considérer les races humaines comme des espèces différentes, et non des variétés d'une même espèce. Or on ne peut faire jouer à la pathologie, estime Fabre, le même rôle que l'anthropologie : « il y a et il ne peut y avoir du point de vue scientifique qu'une pathologie de l'homme. Que l'on admette ou que l'on nie l'unité de l'espèce humaine, on est obligé d'accepter ce fait incontestable de la similitude originelle des déviations de la vie normale, des altérations des actes physiologiques, des lésions des organes chez les hommes, même de races différentes [147]. » Fabre rejette toute influence de la race sur les maladies, et écarte au passage d'autres types d'influences, telles que genre de vie ou alimentation.

Cette polémique médicale pourrait nous amener à considérer la cartographie comme « l'arme des darwinistes », puisque c'est par l'intermédiaire des répartitions spatiales que se sont établies les corrélations entre races et maladies. En réalité, l'usage de la carte, surtout si l'on considère l'imprécision de l'assiette départementale, peut conduire à expliquer les différences pathologiques de bien d'autres manières. Le recours à l'anthropologie n'est en fait que l'accentuation, toute temporaire, d'un aspect particulier des conditions locales. On peut d'ailleurs se demander si l'école médico-anthropologique n'est pas née, somme toute, de l'exploitation d'un lien incident : infirmités apparentes et défaut de taille constituent les deux grandes catégories d'exemption du service militaire. Jusqu'à quel point l'état des ressources statistiques n'a-t-elle pas orienté la cartographie, et, partant, des théories médicales que développent surtout des médecins militaires ?

Cette géographie médicale rénovée et rebaptisée « mésologie » ne fait qu'exprimer une curiosité temporaire du milieu médical. Elle rejette dans l'ombre pour un temps, la possibilité d'une explication de certains caractères anthropologiques et pathologiques par d'autres principes, notamment sociologiques. Même si Broca, pour la variation de la taille humaine, admet que « l'alimentation, le genre de vie, l'aisance ou la misère exercent bien quelque influence sur la croissance du corps [148] », les théories de l'hygiéniste Villermé, publiées dès 1829, sur l'incidence de la misère sur les plus petites tailles, font long feu. En ce qui concerne les maladies et les infirmités, E. Ackerknecht a relevé cette réticence, vers la fin du XIXe siècle, à substituer aux théories issues de la géographie médicale des principes sociologiques, tels ceux qu'avançait dès 1790 le grand hygiéniste autrichien Johann-Peter Frank [149]. Que les influences du milieu, même dans un sens élargi, constituent un corpus théorique circonstanciel, nous en avons bien la preuve avec la mise en sommeil, à la fin du XIXe siècle, de la géographie comme de la cartographie médicale. Les découvertes

147. *P. Fabre, 1897, p. 5. L'argument est directement emprunté au Britannique James Cowles Pritchard (1786-1848) : les races humaines présentent les mêmes maladies, sauf différences locales provenant du climat, ce qui constitue une preuve en faveur du monogénisme.*

148. *P. Broca, 1860-1863, p. 43.*

149. *Voir E. Ackerknecht, 1965, p. 1. J.-P. Frank publie en 1790 l'opuscule* De populorum misera morborum genitrice *(La misère du peuple : mère des maladies).*

de la microbiologie éclipsent la géographie médicale en tant qu'étude des influences géographiques sur l'épidémiologie. Plus globalement, c'est toute l'analyse des répartitions spatiales des maladies qui est gommée de l'esprit des praticiens, au profit de nouvelles curiosités, ayant trait plus directement à la biologie et à la physiologie. Il faut attendre les années 1940 pour voir évoquer à nouveau la géographie comme cause indirecte de certaines maladies, encore est-ce cette fois-ci le fait de géographes, comme Maximilien Sorre[150].

150. *Voir E. Ackerknecht, 1965, p. 1-5. Avant cette renaissance de l'après-guerre, les études ont toutefois continué dans le cadre de la médecine tropicale ou coloniale.*

L'isoplèthe redécouverte

De Lalanne à Vauthier

Le procédé qu'imagine Lalanne en 1845 demeure longtemps inexploité, et les cartes du Danois Ravn restent ignorées en France. Lalanne, dans un ouvrage de 1878, puis une communication à l'Académie des Sciences en 1882, mentionne comme première application de sa méthode, « dont l'idée première est empruntée aux plans qui expriment le relief du terrain », une carte de Louis Vauthier datée de 1874, sur la densité de la population parisienne[151]. Louis Léger Vauthier est lui-même ingénieur, issu de l'École polytechnique puis intégré dans le corps des Ponts et Chaussées. Il est affecté au cours de sa carrière dans le Morbihan, le Cher, mais aussi au Brésil et en Espagne. Des vicissitudes politiques l'écartent temporairement de sa tâche : député du Cher après la révolution de 1848, phalanstérien et fouriériste, il est compromis dans les émeutes ouvrières de juin 1849, emprisonné, et déporté. Élargi en 1855, il retrouve ses fonctions d'ingénieur.

151. *L. Lalanne, 1878, p. 37 et 1882, p. 742. Vauthier écrit par ailleurs que sa première application du procédé remonte à 1872, mais aucun document graphique ne permet d'étayer cette affirmation.*

Il est certain que Vauthier connaît fort bien les théories graphiques de Lalanne, et notamment sa communication de 1845 à l'Académie des Sciences, qui apparaît fréquemment en filigrane dans ses propres écrits, quoiqu'il ne la cite jamais directement. Cette connaissance, sans doute alliée aux gains de précision de la statistique française, lui permet de publier en 1874 la *Carte statistique figurant la répartition de la population de Paris* (figure 70), première carte française par courbes isoplèthes. Elle est imprimée et lithographiée en trois couleurs, rouge et vert pour le fonds topographique, et bistre pour les isolignes. La cotation des courbes correspond au nombre d'habitants à l'hectare. Vauthier indique, dans la notice manuscrite, datée du 3 janvier 1874, qui accompagne la carte, que celle-ci « procède de notions tout à fait analogues [à la topographie], les courbes sinueuses qui y sont tracées passent chacune par des points où la population est la même ; ce sont, quant à la population, de véritables courbes de niveau[152] ». Il paraphrase Lalanne en un commentaire « topographique » de sa carte : « on y voit des sommets où la population est considérable, des bas-fonds ou des plaines où elle est faible ; des vallées y creusent leurs thalwegs, des promontoires s'y manifestent avec leurs lignes de faîte ».

152. *Cette notice existe en un exemplaire unique à la bibliothèque de l'École des ponts et chaussées, sous la cote 11176 C 612.*

Les explications concernant la génération de la surface ainsi représentée sont plus originales. Vauthier souligne les difficultés concrètes qui naissent du passage d'une donnée ponctuelle à une statistique relative à une circonscription territoriale : « en déduisant, pour chaque quartier, le nombre d'ha-

bitants que contient une unité superficielle donnée, l'hectare par exemple, rien de plus simple ensuite que d'imaginer la construction, sur un plan de Paris, d'une série de prismes accollés, ayant pour base chaque quartier, et pour hauteur le nombre moyen d'habitants par hectare [...]. Seulement les sommets de ces prismes ne constitueront pas une surface continue, mais une série de faces horizontales discontinues et échelonnées [...]. Comment substituer [...] à ces faces discontinues une surface unique continue, qui, sans altérer le volume de chaque prisme, exprime avec une très grande approximation la distribution réelle ? Rien n'est encore plus simple. Il suffit en effet, pour cela, de remanier la partie supérieure de chaque prisme, en prenant d'un côté pour mettre de l'autre, sans rien ajouter ni retrancher, de telle sorte qu'en maintenant rigoureusement le volume de chacun, on raccorde sa face supérieure avec celle des prismes contigus remaniés d'après la même règle ». On le voit, l'évolution de la cartographie statistique ne tient pas seulement aux progrès de l'enregistrement des données, mais aussi à la mise au point de techniques de manipulation de celles-ci. Cheysson utilisait dans l'*Album de statistique graphique* le calcul de l'écart à la moyenne, Vauthier présente ici la méthode dite aujourd'hui du lissage[153]. Il précise dans plusieurs communications postérieures les modalités pratiques du passage de la surface discontinue des prismes à une surface courbe, de « compensation ». Pour obtenir cette dernière, il suffit selon lui de procéder à des coupes dans les volumes définis, puis d'établir des courbes compensatrices (*cf.* figure 71). L'ensemble de ces courbes offre l'image de la surface recherchée. Pourtant, « ce petit problème graphique ne comporte que des solutions approchées[154] » : il est d'une part délicat de compenser aux limites de la carte, frontières ou côtes, là où les données font défaut brusquement. Comment faire varier alors la pente de la surface courbe ? Mais plus globalement, la rigueur mathématique est absente de cette méthode corrective, « dont aucune théorie géométrique ne peut préciser la mesure[155] ». Vauthier prône « un délicat travail de modelage[156] », « l'intervention obligée d'une sorte d'art spécial[157] », tout en soutenant que la marge d'erreur est finalement du même ordre que pour des cartes par teintes graduées.

Le système conçu par Lalanne en liaison avec l'établissement des lignes de chemin de fer réapparaît chez Vauthier au moment où, conseiller municipal de Paris, il se préoccupe de la mise en place du chemin de fer métropolitain. Vauthier conseille d'ailleurs en 1878 la réalisation de telles cartes en vue de la desserte par les voies de communication nouvelles, ou du règlement des grandes questions de viabilité urbaine[158]. L'innovation graphique se diffuse ainsi par le même milieu professionnel, et traduit une préoccupation parallèle, de 1845 à 1874. Cependant, on peut penser que cette nouvelle naissance de l'isoplèthe est également corrélative d'une prise de conscience plus générale des qualités de l'isoligne : dans le domaine de la topographie, elle entre en concurrence avec les hachures, ou lignes de plus grande pente, pour exprimer le relief, et son usage se développe en météorologie. Ce contexte peut expliquer le retour du procédé en cartographie statistique, bien que ses avantages « à première vue », exposés par Lalanne en 1845, ne soient pas évidents, et que son application ne puisse être encore mathématiquement rigoureuse.

153. *Le lissage se définit comme un procédé d'ajustement des valeurs observées visant à leur substituer des valeurs représentables par une courbe continue et sans points anguleux.*

154. *L.L. Vauthier, 1878, p. 8.*

155. *L.L. Vauthier, 1890, p. 187.*

156. *L.L. Vauthier, 1878, p. 8.*

157. *L.L. Vauthier, 1890, p. 187.*

158. *L.L. Vauthier, 1878, p. 21-22.*

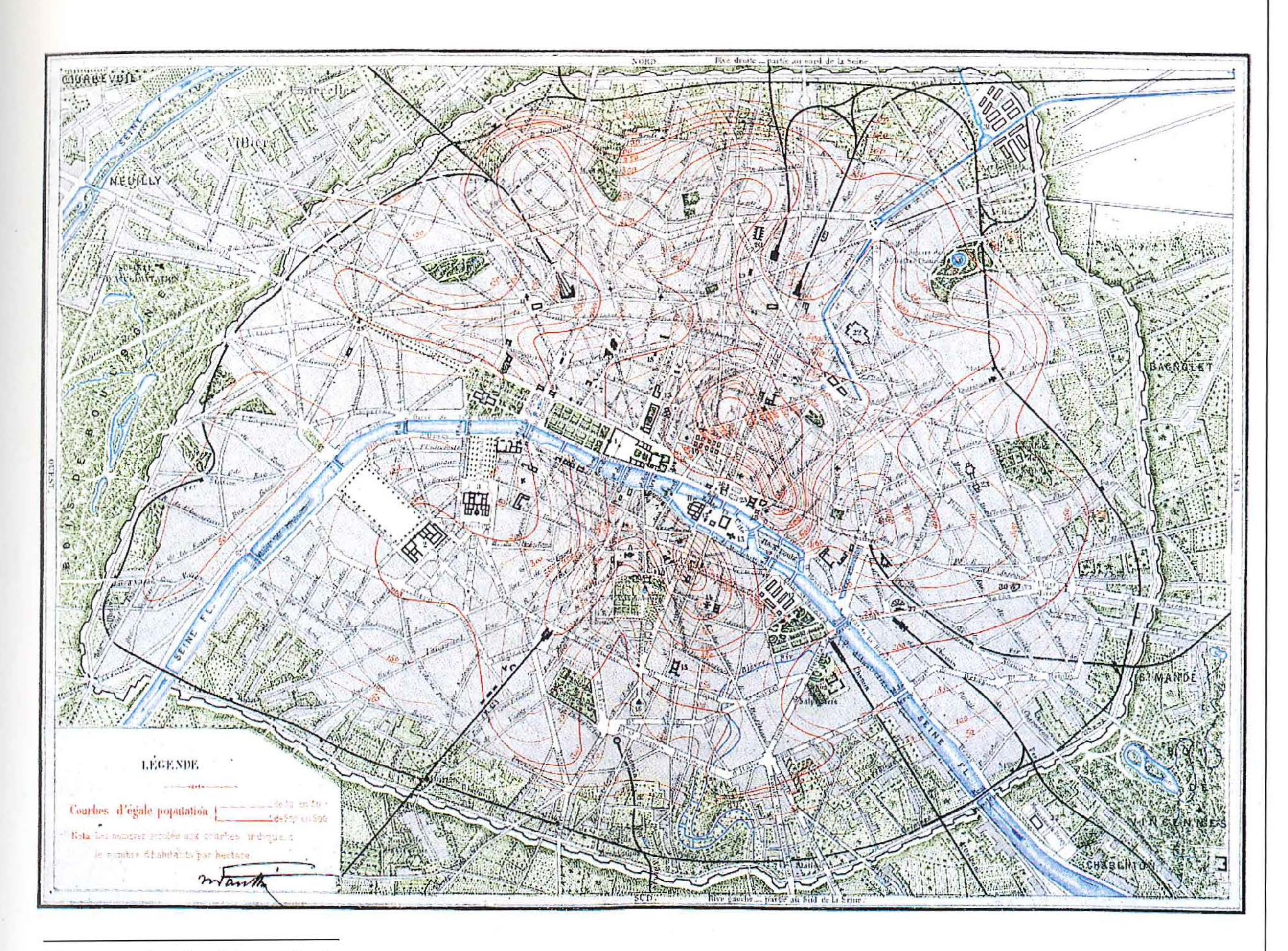


Fig. 70. L. Vauthier, *Carte statistique figurant la répartition de la population de Paris*, 1874. (Collection et cliché École nationale des ponts et chaussées.)

LES LIMITES DU PROCÉDÉ

Pour faire valoir les particularités de l'isoplèthe, reprenons sa définition, au sein de la catégorie générale des isolignes ou isarithmes. On l'oppose en général aux courbes isométriques : celles-ci traduisent des valeurs dont l'existence ponctuelle est effective (altitude, profondeur, température, pression). La courbe isoplèthe, elle, exprime des concepts ou abstractions géographiques qui sont fonction d'un élément tel qu'une densité, une fraction, une variation [159]. Une aire est contenue dans la détermination de l'isoplèthe : elle traduit donc une donnée qui n'a pas d'existence ponctuelle théorique. Le fait le plus important est que le procédé s'écarte des deux principales catégories de représentations statistiques rencontrées jusqu'alors : celles fondées sur des chiffres absolus, inaugurées en 1830 par Frère de Montizon, et celles fondées sur des données « spécifiques » ou relatives, c'est-à-dire des statistiques rapportées à des surfaces, qu'illustre par exemple la première

159. *Ces définitions ne sont pas universellement acceptées. Le terme isarithme est parfois employé comme synonyme d'isoplèthe (H. Wallis, 1976, p. 34), parfois comme synonyme de ligne isométrique (Comité Français de Cartographie, 1970, p. 176). La définition donnée par le Comité Français de cartographie (*ibid.*) est la suivante : « ligne situant des zones de valeurs dont le tracé est établi par rapport à des points en nombre limité et de valeur déterminée ou estimée. »*

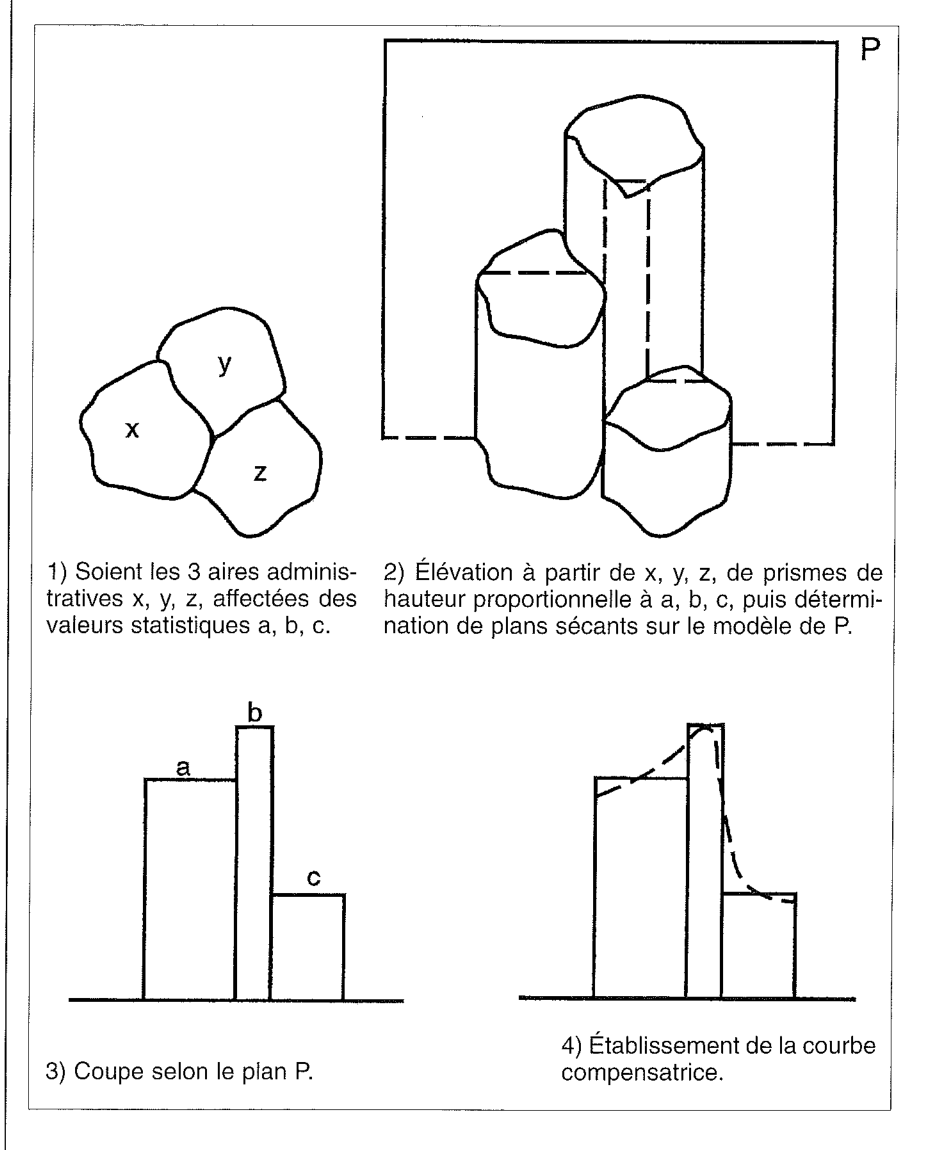


Fig. 71. Théorie de la carte isoplèthe. Le système des courbes compensatrices selon L. Vauthier.

carte de Dupin. Lalanne puis Vauthier développent une troisième catégorie de cartes quantitatives, construites à partir de données inférées, ou induites [160]. Leurs courbes, soit une infinité de points, sont tracées à partir de quelques points, eux-mêmes définis par les statistiques initiales. L'isoplèthe, c'est la représentation continue d'une information réunie ponctuellement.

La difficulté provient du fait qu'une surface ne peut être parfaitement exprimée par quelques points : les courbes offrent l'image simple d'une situation complexe ; si l'on ajoute des points, la surface se modifie. Lalanne était d'ailleurs fort conscient de la nécessité de déterminer cette surface par le plus grand nombre de points possibles, c'est-à-dire en utilisant le maximum de données, donc en prenant pour base la plus petite division administrative [161]. Il reste que l'on rejoint ici le problème posé par la carte choroplèthe : une aire administrative, si petite soit-elle, recouvre des espaces différenciés, notamment du point de vue des densités, thème qu'illustre Louis Vauthier. On peut

160. *Sur cette classification, voir O.Y. Balogun, 1982.*

161. *Notons que le Danois Ravn, dans la première carte par isoplèthes connue, utilise des données statistiques par paroisse.*

d'ailleurs remarquer que dès le début du XXe siècle, si le géographe Emmanuel de Martonne reconnaît dans cette méthode graphique « un progrès énorme dans le sens de l'expression géographique des groupements humains[162] », il reste circonspect. Certes, les isoplèthes paraissent s'affranchir des frontières figées des circonscriptions administratives pour décrire sur le plan des divisions (ondulations, sommets, cratères, cols, vallées...) à la mesure d'une analyse géographique de la population, mais ce procédé séduisant demeure en fait dépendant de la nature des unités administratives, point de départ des calculs. D'autre part, si l'on considère l'empirisme de « l'art spécial » prôné par Vauthier pour établir sa surface de compensation, on constate que l'information latente de la représentation s'écarte singulièrement de l'information potentielle constituée par les données statistiques. À ces erreurs intrinsèques de méthode s'ajoutent de réelles difficultés d'interprétation. En l'absence d'un complément d'expressivité, obtenu par exemple, comme en topographie, par l'ombrage ou le pochage des zones inter-courbes grâce à une série de valeurs ou de couleurs, le lecteur n'a pas d'information instantanée sur le sens de la pente. Vauthier soulève d'ailleurs ce problème dès 1878 : « dans les figurations statistiques, aucune circonstance évidente à première vue ne différencie les sommets des creux. Aussi faut-il, pour lire une de ces cartes, s'orienter au moins une première fois afin de se bien fixer sur l'ordre dans lequel les courbes s'échelonnent[163] ». D'autre part, sur la carte de 1874, l'utilisateur est incapable d'apprécier la hauteur relative des courbes, en dehors des zones contiguës (tel sommet est-il plus ou moins élevé que tel autre ?) et donc de percevoir des correspondances aux niveaux moyens et au niveau global de la carte. Dans ses applications postérieures à 1874, Vauthier envisage tout d'abord de résoudre ces questions en appliquant des hachures (« il y a toutes raisons de croire que le résultat serait satisfaisant pour nous comme en topographie[164] »), puis se borne à « l'emploi de teintes coloriées, avec ou sans graduation de tons successifs[165] ». Cependant, que la lecture soit ou non soutenue par une gamme de couleurs ou de valeurs, en redondance avec les courbes, la perception reste ordonnée, et non quantitative.

162. *E. De Martonne, 1903, p. 5.*

163. *L.L. Vauthier, 1878, p. 5.*

164. Ibid., *p. 11.*

165. Ibid.

LES APPLICATIONS POSTÉRIEURES À 1874

Vauthier fait suivre rapidement sa première carte d'autres applications, dont une partie est présentée à l'exposition universelle de 1878, dans la classe 8, consacrée aux méthodes et aux matériels de l'enseignement supérieur, et à l'exposition des sciences anthropologiques, section démographie. Au thème proposé initialement par Lalanne, la population spécifique, Vauthier ajoute de nombreux sujets originaux, comme la mortalité des enfants de 0 à 1 an, de 1 à 5 ans, l'instruction en France, ou « la France électorale au 20 février 1876 », où la représentation s'appuie sur l'importance du vote républicain aux élections de 1876. Vauthier préconise encore de telles cartes pour la « mortalité spéciale » (*i.e.* selon les différentes maladies) dans les grandes villes, qui secoueraient « l'indifférence pour les recherches hygiéniques[166]. » Mais sa proposition la plus intéressante concerne des cartes de variation, qu'il présente ainsi : « les cartes de ce genre nous paraissent ouvrir une voie

166. Ibid.

tout à fait nouvelle, et nous croyons que, seul, le procédé des courbes de niveau permettrait d'en avoir idée. Les variations successives des phénomènes sociaux sous l'influence des événements et de la législation, les mouvements de l'opinion, la marche ascensionnelle plus ou moins rapide de l'instruction publique, les oscillations de la production dans les diverses branches d'industrie par l'effet de mesures douanières, la recrudescence ou la diminution des crimes et délits sous l'action des lois pénales ; tous ces mouvements peuvent être constatés avec une précision qui ferait de la statistique un sérieux instrument scientifique, un véritable thermomètre social[167]. » Ainsi, comme Minard, Cheysson ou Bertillon, Vauthier veut intégrer à la cartographie les aspects évolutifs des thèmes abordés par la statistique. Comme la cartographie générale, qui enregistre la réduction de l'espace inconnu, parallèlement au mouvement des découvertes et des explorations, la cartographie statistique peut et doit témoigner de transformations radicales vécues au siècle de la révolution industrielle. Mesurant le progrès, elle peut en devenir l'instrument, suivant la conception optimiste du scientisme.

167. *L.L. Vauthier, 1878, p. 22.*

Vauthier applique ses idées en démographie. Il illustre de cartes isoplèthes le mouvement de la population entre 1872 et 1876, celui de la natalité, de la mortalité et de la matrimonialité de 1856 à 1865 (quatre cartes sur quatorze réalisées pour l'exposition). N'étant pas démographe, notre ingénieur n'évoque qu'une seule utilité, relativement à ses cartes : la corrélation possible entre la population spécifique et la desserte par les voies de communication. Vauthier ne parcourt par les pistes nouvelles ouvertes par sa cartographie. Il se pose en statisticien œuvrant sur un instrument scientifique et non les sciences elles-mêmes. Graphiquement, Vauthier applique indifféremment le procédé des courbes seules ou des courbes accompagnées de couleurs nuancées, mais n'utilise pas le procédé des hachures : « diverses circonstances, écrit-il, ne nous ont pas permis de faire, dans les cartes exposées, usage de ce moyen et nous avons dû nous borner à l'emploi de teintes coloriées, avec ou sans graduation des tons successifs[168] ». Pour l'établissement des échelles de teintes, il préconise les tons gradués d'une même couleur, méthode qu'il applique à ses cartes sur l'état de l'instruction en France, la natalité générale en France de 1856 à 1865 ou la mortalité des enfants de 0 à 1 an et de 1 à 5 ans… Cependant, il admet les « deux couleurs avec tons gradués », dans le cas où « le phénomène à exprimer comporte, en un certain point, une variation de sens[169] ». Ainsi, deux couleurs sont utilisées pour la carte du *Mouvement de la population, 1878-1876* suivant que la variation est positive ou négative, ou pour illustrer les suffrages républicains en 1876, la limite des gammes étant celle où « les votes d'opinion inverse se balancent[170] ». L'utilisation de deux couleurs de part et d'autre de la valeur moyenne du phénomène lui paraît peu justifiable, excepté dans le cas où la moyenne générale est une donnée significative et « prépondérante ». Il retient ainsi ce procédé pour illustrer la densité de la population française. Enfin, une dernière méthode est employée, qui s'appuie sur l'exploitation de la ressemblance entre cartes statistiques à reliefs et cartes topographiques : il s'agit de l'application des « couleurs conventionnelles ». En effet, bien que les

168. Ibid., *p. 11.*

169. Ibid., *p. 19.*

170. Ibid.

cartes exposées en 1878 n'aient pas été conservées, nous savons que Vauthier tente également un pochage de ses cartes par des couleurs ordonnées selon l'étagement retenu conventionnellement en topographie, soit le bleu, le jaune, le vert et le blanc, correspondant à la mer, aux plaines, aux forêts et aux sommets enneigés, répondant ici à la progression statistique.

La série de cartes réalisée par Vauthier semble faire le point sur les applications possibles de la courbe isoplèthe, non sans une certaine indécision théorique : Vauthier présente ainsi à plusieurs reprises la même carte selon plusieurs systèmes différents, courbes seules ou gammes de couleurs. Il reste que Vauthier se prononce clairement en faveur de la méthode de Lalanne, bien que conscient de certaines faiblesses de ses représentations (ainsi la difficulté de représenter les cas extrêmes, comme la population spécifique de la Seine). Il reconnaît la marge d'erreur introduite par le procédé, mais il la considère comme peu différente de celle des cartes choroplèthes.

Sa dernière application des courbes isoplèthes ne constitue pas un pur travail de statisticien, mais relève d'un projet concret d'ingénierie. Il s'agit d'un ensemble de six cartes de variation, constituant la planche VII d'un recueil de cartes et graphiques sur l'estuaire de la Seine publié en 1888, qui a pour titre générique *Cartes différentielles indiquant le mouvement des fonds dans et à l'ouvert de l'embouchure de l'estuaire de la Seine de 1834 à 1880.* Les six cartes, au 1/200 000, expriment par isoplèthes le creusement ou les apports alluviaux à l'embouchure, pour six périodes chronologiques. Ici, la référence statistique servant de base à la construction des courbes est obtenue par un carroyage de l'estuaire, chaque carré donnant une valeur moyenne d'affouillement ou d'engraissement des fonds. Le phénomène comportant une « variation de sens », Vauthier fait valoir par deux couleurs différentes appliquées aux zones intercourbes des régions de creusement et des régions d'apport alluvial. La qualité de composition de ces cartes est à souligner, et l'on voit apparaître pour la première fois le dessin en tiretés de courbes intermédiaires. Vauthier complète son travail en présentant quelques diagrammes réalisés par Minard sur « l'avenir nautique du Havre », ce qui laisse à penser que les cartes sont présentées en vue de travaux d'aménagement portuaire. Mais leur objet principal est un projet d'établissement de digues à l'estuaire, l'une des cartes figurant d'ailleurs le tracé du prolongement des digues existantes proposé par le déposant.

Il est difficile de suivre Vauthier lorsqu'il affirme, relativement à la méthode des courbes isoplèthes, avoir découvert les théories de Lalanne postérieurement à sa propre carte de 1874 (« nous avions donc imaginé une seconde fois ce qui l'avait été déjà [171] »). Cependant, les développements qu'il propose sont habiles, tant sur le plan de la thématique que du graphisme. Vauthier se place par ailleurs comme nous l'envisagerons plus loin, au premier plan des théoriciens de la méthode graphique, dans ce dernier quart du XIXe siècle.

171. *L.L. Vauthier, 1878, p. 23.*

DURAND-CLAYE ET TURQUAN

En 1890, Vauthier recense dans un article du Journal de la *Société de statistique de Paris* les applications de la méthode des isoplèthes et ne peut mentionner, outre ses propres cartes, que celles de « l'honorable M. Turquan sur

la population française[172] ». Il omet les cartes, pourtant antérieures, d'un autre disciple de Lalanne, Alfred Durand-Claye. Ce dernier, issu de l'École polytechnique[173], appartient pourtant lui-aussi à la corporation des ingénieurs des Ponts et Chaussées. Durand-Claye (1841-1888), spécialiste des questions d'hydraulique et d'assainissement, est depuis peu ingénieur en chef lorsqu'il publie, vers 1882-1883, les deux seules cartes par isoplèthes que nous connaissons de lui. Elles portent sur l'évolution démographique et la mortalité spéciale. Dans le premier cas, Durand-Claye exprime pour le département de la Seine la variation de la population entre 1876 et 1881, en pourcentage, par des courbes cotées de 5 en 5 %, construites à partir de données par communes ou par arrondissement[174]. La seconde carte se rapporte à la répartition des décès par typhoïde à Paris, en septembre-octobre 1882[175]. Les isoplèthes correspondent au nombre de décès pour 100 000 habitants.
Ces cartes sont rehaussées de teintes graduées, mais les valeurs se séparent difficilement, car la qualité d'impression est médiocre. La thématique est cependant originale, Durand-Claye paraissant répondre directement aux suggestions de Vauthier. Sa représentation de la mortalité typhoïdique témoigne à nouveau de la large palette des curiosités issues de la pratique de l'ingénieur. Durand-Claye parle ici le langage de la médecine préventive, rejoint les préoccupations des hygiénistes. La statistique médicale peut permettre, comme la statistique de la population, d' optimiser les choix en matière de travaux publics d'assainissement. Les cartes de Durand-Claye ne passent pas tout à fait inaperçues, puisque Lalanne lui-même signale la première à l'Académie des sciences, le 23 octobre 1882[176]. Toutefois, la diffusion du procédé des courbes isoplèthes hors du cercle des ingénieurs est incontestablement liée à l'œuvre cartographique de Victor Turquan.
Nous avons évoqué le rôle de Turquan en tant que directeur du bureau de la Statistique générale de la France, à partir de 1886. Mais en dehors de cette responsabilité publique, Turquan est une personnalité importante du monde savant, et plusieurs de ses ouvrages sont couronnés par l'Académie des Sciences. Il se signale surtout par ses nombreuses contributions en matière de statistique financière, économique, ou démographique. Il collabore activement à la *Revue scientifique*, au *Journal de la Société de statistisque de Paris,* ainsi qu'à la *Réforme sociale*, bulletin de la société d'économie sociale fondée par Frédéric Le Play en 1856. Les travaux de Turquan sont abondamment illustrés de cartes statistiques par teintes graduées, ainsi son étude sur la statistique des usines de France, sur les épidémies de grippe à Paris en 1890 et 1892, ou son analyse du patrimoine des français[177]... Pourtant, Turquan va montrer une prédilection pour les isolignes, qu'il introduit dans les publications de la Statistique générale et emploie à plusieurs reprises pour ses études démographiques. Au Conseil supérieur de statistique, il est d'ailleurs le principal défenseur du procédé, y compris lorsque les courbes sont construites à partir de statistiques par département, malgré les réserves de ses collègues. Il parvient, nous l'avons vu, à faire accepter l'usage des isoplèthes dans l'*Album de statistique graphique* publié à l'occasion de l'Exposition universelle de 1889.

172. *L.L. Vauthier, 1890, p. 189.*

173. *Archives Nationales, dossier Durand-Claye, cote F14-2332-2*

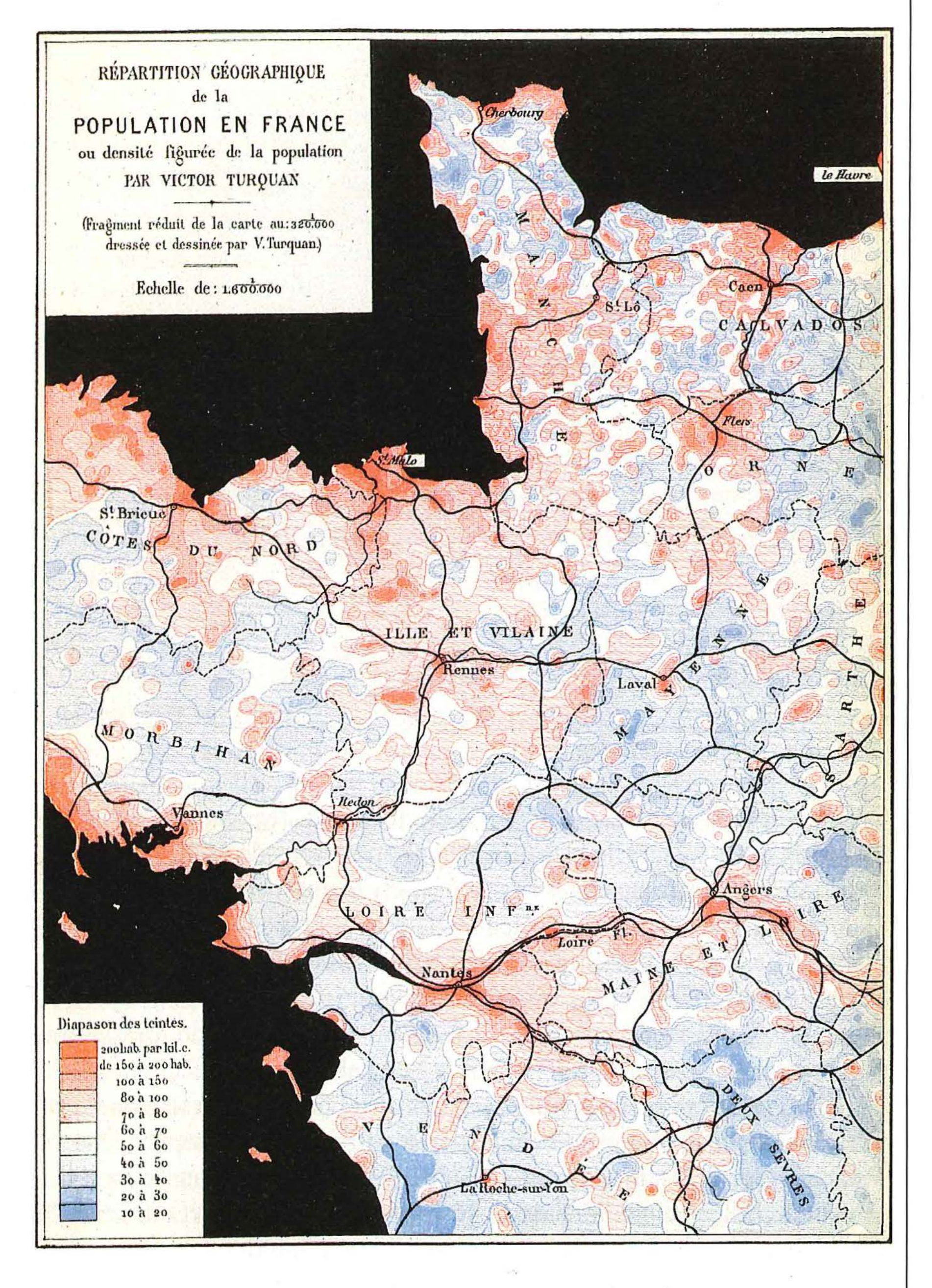
174. *A. Durand-Claye,* Recensement de 1881. Accroissement de la population dans le département de la Seine et dans les parties limitrophes du département de la Seine-et-Oise, *1/80 000 ; s.l.n.d.*

175. *A. Durand-Claye,* Plan de Paris indiquant la répartition par quartier de la mortalité typhoïdique. Septembre et octobre 1882. Étude de statistique graphique, *s.l.n.d. D'après la notice, une carte sur le même thème, construite par arrondissement, aurait précédé cette version.*

176. *L. Lalanne, 1882, p. 741.*

177. *Voir V. Turquan, 1892, 1893 et 1901.*

Fig. 72. V. Turquan, *Répartition géographique de la population en France*, Extrait. 1886. (Cliché : B.N., Service photographique.)



178. *V. Turquan,* Répartition géographique de la population en France, ou densité de la population commune par commune, *Paris, C. Bayle, 1887. Un extrait de la partie ouest de la carte est publié dès 1886, dans le* Journal de la Société de Statistique de Paris. *Il est à noter que la première version de la carte, utilisant comme fond la carte d'État-Major au 1/320 000, couvrait environ 15 mètres carrés, d'où la nécessaire réduction d'échelle pour la publication.*

La carte la plus remarquable de Turquan, hors des publications officielles, constitue la véritable matérialisation des conjectures de Lalanne, puisqu'enfin les isoplèthes y sont appliquées à la densité de la population en France, commune par commune. La *Répartition géographique de la population en France* est conçue vers 1886, au 1/320 000, et publiée dans sa version définitive en 1887, réduite au 1/1 600 000 [178]. La qualité de la réalisation place cette carte bien au-dessus de l'habituelle production des statisticiens (figure 72). Turquan choisit d'accentuer l'expressivité de ses courbes en appliquant des teintes graduées à sa carte. Le blanc est réservé aux régions de densité moyenne, entre les courbes 60 et 70 habitants au kilomètre carré. Cinq

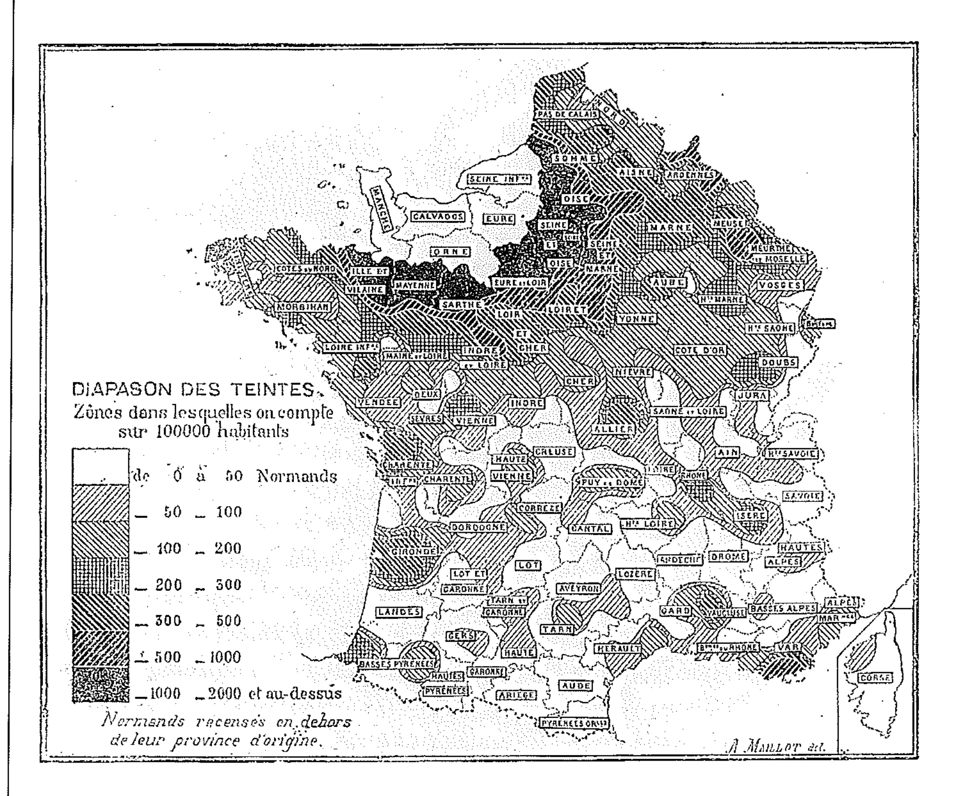


Fig. 73. V. Turquan, *Émigration des Normands*, 1902. (Cliché : B.N., Service photographique.)

valeurs progressives de rouge sont affectées aux régions au-dessus de 70 h/km², et six valeurs de bleu aux régions au dessous de 60 h/km² (la plus forte intensité correspondant aux zones les moins peuplées : moins de 10 h/km²). Deux cartons complètent cette représentation, le premier exprimant au 1/640 000 la *Répartition de la population dans les environs de Paris*, le second, au 1/100 000, la *Répartition de la population à Paris*. Les gammes de valeur sont identiques, mais elles expriment pour le second carton des nombres allant de moins de 50 à plus de 800 habitants par hectare.

Turquan réalise par la suite plusieurs autres cartes par isoplèthes, notamment une série originale exprimant l'émigration à partir des différentes régions de France [179] (figure 73), mais la carte de 1887 demeure exceptionnelle, tant par sa petite échelle que par l'utilisation de la couleur, esthétique et attractive [180]. Cependant, aux problèmes de lecture classiquement introduits par les courbes isoplèthes, Turquan en ajoute deux. En premier lieu, il ne respecte pas l'équipollence des courbes, puisque celles-ci joignent les points correspondant aux valeurs 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100, 150, et 200 habitants au kilomètre carré. Ceci est trompeur pour une perception « topographique » de la carte, même si Turquan est tenu d'adopter cette solution pour éviter d'augmenter le nombre de tons utilisés, au delà des possibilités d'impression : avec des courbes de 10 en 10, vingt et un tons auraient été nécessaires. Dans la gamme établie, certains paliers de valeur apparaissent d'ailleurs trop proches ; mais surtout, l'usage de deux gammes chromatiques est un choix discutable, introduisant des confusions : ainsi les régions à moins de 10 habitants au kilomètre carré et celles à plus de 200 sont mises sur un même plan d'intensité.

179. *Voir V. Turquan, 1902.*

180. *Rappelons que selon J. Bertin (1967, p. 91), « la couleur exerce une indéniable attraction psychologique. Par rapport au noir elle est plus riche d'un système d'excitation cérébrale et dans de nombreux cas où elle peut apparaître un luxe, ce luxe est néanmoins « payant ». Il retient l'attention, multiplie le nombre des lecteurs, assure une meilleure mémorisation et en définitive augmente la portée du message. » Cette attractivité est évidente pour la carte de V. Turquan, à une époque où la couleur est rarement utilisée en statistique graphique. La carte est d'ailleurs couronnée en 1887 par le prix Monthyon de statistique, décerné par l'Académie.*

En offrant une représentation de la population française par commune, Victor Turquan établit un lien entre l'approche statistique et l'approche géographique des questions de population. Turquan est d'ailleurs l'un des rares statisticiens dont l'œuvre soit connue et appréciée par des géographes de l'école française de géographie régionale, comme nous le verrons plus loin. Comme Cheysson, il est membre de la Société de géographie, mais cette appartenance est plus significative : nous savons que Turquan a été un temps professeur de géographie supérieure à « l'association polytechnique et aux cours commerciaux de la ville de Paris », et qu'il est l'auteur de plusieurs atlas et ouvrages proprement géographiques. Ainsi, s'il commente sa carte en 1886, dans le *Journal de la Société de statistique de Paris*, Turquan propose également des analyses importantes de son travail dans deux revues géographiques, le *Bulletin de géographie historique et descriptive* et le *Bulletin de la Société de géographie*, en 1888 [181] : « l'étude de la répartition de la population sur le territoire d'un pays, écrit-il, appartient à la géographie tout autant qu'à la statistique [182] ».

181. *V. Turquan, 1888 a, p. 544-545 et 1888 b, p. 263-273.*

182. *V. Turquan, 1888 b, p. 544.*

Dans ses deux articles de 1888, Turquan s'attache à démontrer que la carte qu'il dessine à partir des données communales est géographiquement significative. Dans le *Bulletin de géographie historique et descriptive*, il présente quatre cartes des densités françaises par isoplèthes, construites respectivement d'après les statistiques départementales, d'arrondissement, cantonales, et enfin communales, tout en indiquant qu'à chaque représentation, on s'approche d'avantage de la vérité, et que plus la base de calcul est petite, plus la carte est exacte et instructive. Turquan ne perd pas de vue l'idée première de Lalanne, à savoir l'utilité d'une bonne connaissance des densités pour mettre en place une ligne de chemin de fer : « si on avait consulté l'état de la population spécifique dans maintes régions de la France, avant d'y construire certaines lignes de chemin de fer, on aurait évité bien des dépenses et bien des ruines [183] ». Mais surtout, la cartographie permet selon Turquan d'identifier des *régions de population*, et de retrouver ainsi, par une voie originale, l'image des densités, les limites des *régions naturelles* : « une autre remarque pourra être faite encore, à savoir combien la division actuelle par département a peu tenu compte de la répartition locale de la population, alors que certaines provinces sont nettement déterminées, et conservent actuellement encore une sorte d'existence à part que les moyens de communication modernes n'ont pu réussir à faire disparaître. En général, la configuration d'une région naturelle d'un pays est parfaitement mise en lumière par la délimitation même du groupe populeux qui l'habite ; je citerai, à l'appui de cette proposition, les groupes populeux du Grésivaudan, du Roussillon, de la Limagne, du Forez, du Pays de Caux, etc., qui s'encadrent à merveille dans la région naturelle qui les contient [...]. Il est à remarquer que les causes qui ont contribué à former les agglomérations d'hommes sont inhérentes, le plus souvent, à la configuration et à la nature même du sol, et, par conséquent, durables. Je puis en conclure légitimement que le groupement de la population peut être, dans l'immense majorité des cas, considéré comme susceptible d'une grande stabilité [184]. » De telles remarques sont tout

183. Ibid., *p. 555.*

184. *V. Turquan, 1888 b, p. 273.*

à fait étonnantes, puisque tout juste antérieures au manifeste de la géographie régionale de Vidal de la Blache, « Des divisions fondamentales du sol français [185] ». Turquan, bien que statisticien, tire les leçons des travaux des naturalistes en opposant la région naturelle au cadre artificiel du département, et esquisse avec les régions de population un concept très nouveau, quoiqu'il l'insère dans un schéma déterministe classique.

La carte et les propos de Turquan sont l'indice de l'évolution future. À l'articulation des XIXe et XXe siècles, la cartographie quantitative s'étend enfin à une discipline profondément réformée : la géographie. La réévaluation critique, par les géographes de l'école française, de cet outil de la statistique, permet alors de mettre en relief ses qualités et ses défauts à la lumière d'une notion perçue comme nouvelle : le rapport du Nombre avec le Lieu.

185. Bulletin Littéraire *II, 1888-1889, p. 1-7 et 49-57.*

CHAPITRE V

Les géographes et la cartographie statistique

La cartographie statistique, usant de la référence topographique, ressort en toute hypothèse d'un savoir géographique. Pourtant, au XIX[e] siècle, les principes de la statistique s'inscrivent mal dans l'horizon théorique de la géographie française. L'usage aujourd'hui très répandu des procédés de cartographie quantitative ne doit pas faire oublier que leur transfert en géographie fut tardif et problématique.

En 1903, lorsque Emmanuel de Martonne examine les procédés de représentation du peuplement, dans sa thèse complémentaire sur la répartition de la population en Valachie, il ne recense que fort peu de cartes françaises. Encore s'agit-il pour la plupart de cartes postérieures à 1875, et qui sont rarement le fait de géographes. Charles du Bus, qui dresse en 1931 un bilan de la démocartographie, signale la curiosité tardive et bien modérée des géographes dans ce domaine. Pourtant, note-t-il, « ni les érudits ni les statisticiens n'avaient ménagé leurs efforts [1] ». Il en va pour les faits sociaux et économiques comme pour les faits démographiques. La science géographique les néglige longtemps et, partant, les représentations sont rares. Dès le milieu du siècle, les cartes statistiques prenaient pourtant une place de plus en plus importante dans la géographie allemande. Edme Jomard, directeur du cabinet des cartes de la bibliothèque royale, le mentionne en 1844 dans sa revue annuelle des cartes du *Bulletin de la Société de géographie* : « L'époque commerciale et industrielle qui a succédé aux époques guerrières, et pour longtemps, devait amener et a amené en effet des productions géographiques en rapport avec le besoin des affaires. Ces productions, et surtout les cartes relatives à la statistique industrielle, étaient très rares ; aujourd'hui, elles ont cessé de l'être : c'est surtout le sol germanique qui les fait éclore. [...] Les chemins de fer sont aussi un nouveau besoin qui caractérise l'époque présente [...]. Les productions et les cartes ethnographiques, c'est-

1. *C. du Bus, 1931, p. VI.*

à-dire relatives à la population, aux langues et aux caractères physiques des différentes nations, commencent aussi à se multiplier beaucoup. L'on a senti, depuis le commencement du siècle, que la géographie ne consistait plus, comme jadis, dans la nomenclature et la distance des lieux, et que son principal objet, son but définitif était la connaissance parfaite des différentes branches de la famille humaine[2]. » Les géographes français se sont-ils engagés aussi franchement dans la voie de cette géographie dite « politique » ? Si de nombreux cabinets d'études « ethnographiques » se sont créés en Europe (Dresde, Copenhague...), Jomard remarque que la France est restée à l'écart de ce mouvement[3]. Deux ans plus tard, il renouvelle ses observations, évoquant plus directement la statistique graphique : « On continue, en Allemagne surtout, d'introduire la cartographie dans les problèmes d'économie politique et d'ethnographie : cette idée mériterait d'être accueillie partout avec la même faveur. Les cartes, ainsi comprises, sont, en effet, aux questions sociales et aux questions scientifiques, ce que les figures de géométrie sont au raisonnement [...] Il est avantageux de pouvoir rendre sensible et palpable, de faire toucher à l'œil, au doigt même, ce qui ne peut arriver à l'esprit que difficilement : or, c'est le résultat qu'on obtient par les cartes statistiques et les tableaux statistiques[4]. »

Il est clair, à la lecture des listes de cartes acquises d'année en année par la Bibliothèque royale, que la géographie française participe peu à ce mouvement impulsé par l'Allemagne. En fait, ce retard se vérifie pour toutes les formes de cartographie thématique, puisque l'on peut observer l'absence, en France, d'un grand atlas physique national, à l'image du *Physikalischer Atlas* d'Heinrich Berghaus, ou du *Physical Atlas* d'Alexander Keith Johnston[5]. Par ailleurs, une revue telle que les *Petermanns Geographische Mitteilungen*[6], d'une prodigieuse richesse cartographique, n'a pas d'équivalent en France. Cependant, une tradition continue de géographie naturelle a permis en France la publication régulière, en revues ou atlas, de cartes géologiques ou géognostiques, hydrographiques, agronomiques... Le retard, incontestablement, est plus accusé pour la cartographie des phénomènes humains. L'explication peut être recherchée dans l'absence d'investisseurs privés dans la cartographie française, à l'image de la firme Perthes de Gotha. Le bureau cartographique de la librairie Hachette, que dirigera Franz Schrader, n'est fondé qu'en 1880. Mais ce décalage par rapport à la science allemande tient essentiellement à ce que Vidal de la Blache désigne en 1903 comme « l'éclipse » de la géographie humaine : « Pourtant, après Ritter, malgré l'influence de son enseignement et de ses écrits, la géographie humaine subit une éclipse. Il y aurait lieu de s'en montrer surpris, si ces temps d'arrêt n'étaient pas un accident coutumier dans l'histoire des sciences qui reposent sur l'observation du monde extérieur. Pour voir s'enrichir dans des proportions inespérées la somme de ses matériaux et de ses moyens de travail, le géographie humaine a dû attendre le progrès de la cartographie de précision et de détail, celui des recensements et des statistiques, enfin, le développement des explorations dans l'intérieur des continents. Or, ce concours quasi-simultané de circonstances favorables se fit longtemps espérer, après la poussée qui avait signalé

2. *E. Jomard, 1844, p. 406.*

3. Ibid.

4. *E. Jomard, 1846, p. 335.*

5. *Ouvrages publiés respectivement en 1838-1848 et 1845.*

6. *Sur la cartographie dans cette revue, voir R. Bliss, 1884, et W. Stams, 1978.*

la fin du XVIII[e] siècle ; ce n'est que dans le dernier quart du XIX[e] qu'il produisit tous ses effets[7]. »

7. *P. Vidal de la Blache, 1903, p. 229.*

S'il y a effacement, il est plus particulier à la France. Qu'un « temps d'arrêt » s'observe on non en Allemagne, après Ritter, est une question accessoire : Numa Broc rappelle que Carl Ritter constata en 1845, « que ses ouvrages figuraient en bonne place dans les bibliothèques parisiennes, mais n'étaient généralement pas coupés[8] » et souligne par ailleurs que « le haut enseignement [français] restait obstinément fermé à la nouvelle géographie qui florissait au delà du Rhin[9]. » Enfin, c'est bien d'Outre-Rhin que provient, en fin de siècle, l'œuvre qui donne une nouvelle impulsion à la géographie humaine, l'*Anthropogéographie* de Friedrich Ratzel.

8. *N. Broc, 1974, p. 546.*

9. Ibid.

La géographie française du XIX[e] siècle est naturelle, historique, coloniale, commerciale, mais les préoccupations de géographie humaine ne se manifestent clairement qu'avec l'école de géographie régionale, à la fin du siècle, dans ce « temps de l'éclosion » de la géographie française, selon l'expression d'André Meynier[10]. La géographie recueille alors, avec la statistique et la statistique graphique, des moyens d'analyse élaborés dans un autre contexte, dans le cadre de préoccupations qui lui sont étrangères. Elle entretient avec eux des rapports ambivalents. Si les géographes proclament la solidarité de leur matière et de la statistique, ils affichent à l'égard de cette dernière, dans le même temps, la plus grande circonspection, sinon la plus grande méfiance. Ainsi Emmanuel de Margerie et Louis Ravenau, constatant à leur tour, à l'occasion de l'exposition universelle de 1900, le retard cartographique de la géographie humaine, prennent soin de démarquer la cartographie « géographique » des représentations antérieures des phénomènes humains : « Personne ne sera surpris d'apprendre que la cartographie, tant en France qu'à l'étranger, soit encore si rarement appliquée à la géographie humaine. Que de faits éminemment géographiques, après avoir été dissociés par la démographie et figurés algébriquement par des diagrammes et des cartogrammes, gagneraient à être replacés dans leur cadre physique, sur des cartes véritables ![11] » Cette notion de « carte véritable » réclame l'examen, moins d'une production cartographique somme toute bien maigre pour la période que nous étudions, de la part des géographes, que des complexes rapports théoriques entre la géographie et la statistique graphique. Comment furent accueillies les œuvres des statisticiens, selon quels principes scientifiques fut conduite leur critique, et quelles solutions originales pouvaient proposer les géographes de l'école française ?

10. *A. Meynier, 1969, p. 7.*

11. *E. de Margerie, L. Ravenau, 1900, p. 305-306.*

Les courroies de transmission

Tout au long du XIX[e] siècle, les emprunts de la géographie à la statistique sont nombreux. Eugène Cortambert va jusqu'à placer la statistique parmi les sciences géographiques, dans sa classification des sciences humaines de

1852[12]. La position théorique des géographes vis-à-vis de la statistique reste relativement constante : ils s'appliquent, tout en définissant le champ de la géographie, à le séparer strictement de celui de la statistique. Celle-ci participe pratiquement à la géographie par sa méthode, ses résultats, mais est une science annexe, indépendante. Nous reviendrons plus loin sur la démarcation qu'établissent, à partir de la fin du siècle, les géographes dits « vidaliens », membres de l'école française de géographie régionale, entre leur discipline et la statistique. Mais il faut noter que dans la première partie du siècle, la démarche était semblable chez les tenants de la géographie descriptive, tels Malte-Brun ou Balbi. Ce dernier, géographe vénitien publié en France et dont l'influence est notable, s'attache ainsi d'autant plus à établir la différence entre géographie et statistique que « c'est à cette dernière science que des mains inhabiles autant que peu exercées, ont de nos jours fait le plus d'emprunts en écrivant sur la géographie[13]. » Chez Balbi transparaît déjà l'idée que l'exactitude numérique n'est pas un critère de valeur géographique.

12. *E. Cortambert, 1852, p. 239-245.*

13. *A. Balbi, 1833, p. IV.*

Malgré l'avis positif exprimé par Humboldt au début du siècle, il semble que les statistiques figurées intéressent peu les géographes pré-vidaliens. L'étude conduite jusqu'ici peut certes suggérer quelques relations entre les disciplines : il a été fait mention de la collaboration entre Balbi et Guerry pour la *Statistique morale*. Par ailleurs, des statisticiens, tel Cheysson, sont membres de la Société de géographie, et certaines cartes statistiques sont présentées dans les sections de géographie des expositions universelles. Ces liens sont en fait peu significatifs, incidents. Dès lors qu'ils utilisent une référence spatiale, un canevas topographique, par exemple en construisant des cartogrammes, certains statisticiens peuvent penser que la « géographie » intervient, mais cette intervention est purement formelle, sans contenu scientifique. Inversement, si certains statisticiens, comme Lalanne, proposent des analyses spatiales, celles-ci restent étrangères à la géographie de leur temps. À l'exclusion des préoccupations correspond une ignorance des méthodes. Les géographes ne connaissent pas les travaux graphiques des statisticiens, et ne les citent pas avant la fin du siècle. À ce moment, statistique et statistique graphique sont véritablement requises par une géographie humaine. L'information sociale, économique et démographique est alors reconsidérée, insérée dans le discours et le savoir géographique. Quelques œuvres apparaissent alors comme des références privilégiées.

Émile Levasseur, géographe et statisticien

Les travaux d'Émile Levasseur constituent une source importante pour l'école de géographie française, en raison de la position originale de ce chercheur, au carrefour de plusieurs disciplines. Levasseur (1828-1911) a reçu une formation d'historien à l'École normale supérieure, mais il exerce ensuite son talent scientifique dans bien d'autres domaines. Ses fonctions d'enseignant comme ses recherches personnelles le portent vers l'économie politique, la statistique, la géographie... Il contribue d'ailleurs aux réformes

de l'enseignement de cette dernière matière, participant à la refonte des programmes de géographie pour les établissements secondaires, tout d'abord en 1863, à la demande de Victor Duruy, puis une nouvelle fois après 1871.

Les géographes vidaliens n'accueillent pas avec la plus grande faveur les programmes réformés par Levasseur[14], mais ses travaux scientifiques attirent l'attention. V. Berdoulay le rappelle : « Par ses activités et sa participation dans nombre de sociétés, Levasseur entra en contact avec plusieurs types de recherche rarement associés dans le système universitaire proprement dit. À partir de certains d'entre eux, il élabora une conception relativement précise de la géographie[15]. » Selon Broc, Levasseur établit le lien entre la géographie française et le renouveau méthodologique allemand[16]. Levasseur a certes tiré les leçons des travaux de Humboldt et Ritter, fondateurs de la science géographique moderne, mais il a su aussi se démarquer des conceptions de l'auteur du *Cosmos* et de celui de la *Géographie générale comparée*. J.-P. Nardy a parfaitement mis en évidence la nouveauté de la géographie de Levasseur[17] : l'homme y joue un rôle privilégié. Reprenant d'un point de vue géographique certains résultats de la statistique, Levasseur esquisse une véritable théorie du peuplement, notamment dans *La population française* (1889-1892), son ouvrage majeur. La géographie, de recueil de faits, accède au rang de science. Elle établit des connexions, s'appuie sur des principes constants. « L'œuvre de Levasseur [...] a permis, en France, le passage d'un ordre géographique conçu au niveau du visible à un ordre caché exprimé par des lois[18] ». Géographie mathématique, historique, commerciale, physique ou politique, autant de « membres épars d'une même science[19] ». Selon Levasseur, « il faut rapprocher les membres afin de donner au corps son unité et sa vie, chercher les liens qui unissent les parties les unes aux autres pour s'élever jusqu'à la conception de l'harmonie générale[20]. »

Pour Vidal de la Blache et ses disciples, la géographie humaine trouve ses sources en Allemagne. Les travaux de Carl Ritter en marquent l'étape fondatrice, et l'*Anthropogéographie* (1882-1891) de Friedrich Ratzel est le point de départ de sa « reconstitution[21] ». En regard, l'influence de Levasseur pourrait paraître négligeable. Elle ne l'est pas. Les géographes de la fin du XIXe siècle vont puiser dans ses travaux non seulement certaines notions de géographie humaine, mais encore plusieurs principes de la statistique fondamentale. Enfin, à travers eux, ils prennent connaissance de l'essentiel des formes de représentation statistique.

Bien que l'auteur de *La population française* apparaisse avant tout comme un économiste, un historien de l'économie ou un « maître de la statistique », Vidal de la Blache lui accorde un sens géographique qu'il juge rare chez les statisticiens : « Il savait discerner à propos les réalités topographiques qui se dissimulent sous les additions et les moyennes[22] ». En 1913, Jean Brunhes écrit encore à propos de Levasseur : « Le regretté maître (...) a été le théoricien de ces connexions, à la fois intimes et hétérogènes, entre la géographie et la statistique[23] », et reconnaît qu'il a su garder « le sens des réalités vivantes[24] ». Au-delà de ces hommages, Nardy le rappelle, « *La Population française* a connu un grand succès à son époque. Il a été lu indifféremment

14. *Voir J.-P. Nardy, 1968, p. 62.*
15. *V. Berdoulay, 1981, p. 164.*
16. *N. Broc, 1976, p. 230.*
17. *J.-P. Nardy, 1968, p. 49-65.*
18. Ibid.*, p. 64.*
19. *É. Levasseur, 1872, p. 20.*
20. Ibid.
21. *P. Vidal de la Blache, 1903, p. 229.*
22. *P. Vidal de la Blache, 1911, p. 457.*
23. *J. Brunhes, 1913, p. 25.*
24. Ibid.

par des sociologues, des historiens et des géographes. Tous y ont cherché matière à de plus amples développements[25]. » Parmi ces lecteurs attentifs, Vidal de la Blache lui-même, qui « citait volontiers *La Population française*, à laquelle il avait emprunté de nombreuses idées[26] ». L'utilité de la notion-même de densité, toute statistique, est amplement démontrée par les travaux de Levasseur. Plus précisément, bien des remarques de Levasseur relatives au peuplement sont réutilisées en géographie, en particulier par Vidal de la Blache : l'idée que les hommes s'assemblent sur terre en « bancs », « à la façon des coraux » développée dans les *Principes de géographie humaine*, fait ainsi écho aux observations de Levasseur sur l'existence de « noyaux de cristallisation » de la population en certains sites attractifs[27].

25. *J.-P. Nardy, 1968, p. 59.*

26. Ibid., *p. 62.*

27. *Voir P. Vidal de la Blache, 1921, p. 10 : « En réalité la population d'une contrée se décompose, comme l'a bien montré Levasseur, en un certain nombre de noyaux, entourés d'auréoles d'intensité décroissante. Elle se groupe suivant des points ou des lignes d'attraction. Les hommes ne se sont pas répandus à la façon d'une tache d'huile, ils se sont primitivement assemblés à la façon des coraux. Une sorte de cristallisation a aggloméré sur certains points des bancs de population humaine. » Voir également, sur cette image de la population, É. Levasseur, 1909, p. 56.*

L'œuvre graphique de Levasseur

Si l'on s'est éloigné ici de la cartographie, c'est que l'histoire des sciences donne la clé de la diffusion du langage de la cartographie statistique. La problématique scientifique se modifie. La géographie établit des rapports nouveaux avec la quantité dans les sciences de l'homme, et Levasseur apparaît comme un interlocuteur privilégié. Par son intermédiaire, les géographes accèdent à une somme considérable de résultats de la statistique, tant fondamentale que pratique. Levasseur, président de la Société de statistique de Paris et vice-président de l'Institut international de statistique à sa fondation, connaît de manière extensive les travaux statistiques de ses contemporains. On le voit même jouer un rôle théorique non négligeable, puisqu'à la fin du siècle, il intervient dans les débats sur la méthode graphique, comme nous le montrerons en dernière partie.

Dans *La Population française*, ou plusieurs articles du *Bulletin de l'Institut international de statistique*[28], les géographes puisent en premier lieu des données numériques. Ils s'appuient par ailleurs sur les exposés fondamentaux de Levasseur sur la statistique. Ils peuvent adopter sans réticence ses conceptions, notamment celles qui sont relatives aux rapports entre la statistique et la géographie : cette autorité ne conforte-t-elle pas leur propre point de vue ? Ainsi, de l'« Introduction sur la statistique », premier chapitre de *La Population française*, Jean Brunhes extrait en 1900 la réflexion suivante : « Il y en a d'autres qui considèrent la statistique comme la description de l'état des nations, de leur mode de gouvernement et de leurs ressources ; ils la confondent presque avec la géographie, et particulièrement avec la branche que nous avons désignée sous le nom de géographie économique... Mais la géographie et les sciences sociales empruntent des renseignements à la statistique sans se confondre avec elle et conservent chacune leur indépendance et leur domaine propre, dont une grande partie n'est pas accessible aux investigations de la statistique[29]. » Emmanuel de Martonne, en 1903, place toujours Levasseur au rang des auteurs éminents qui se sont appliqués à montrer les différences essentielles entre géographie humaine et statistique[30]. Enfin et surtout, l'œuvre de Levasseur donne accès à une abondante cartographie, personnelle ou non. Levasseur, dans ses plaidoyers pour le renou-

28. *É. Levasseur, 1886 et 1887.*

29. *É. Levasseur, 1889, t. I, p. 6-7. Cité par J. Brunhes, 1900, p. 48.*

30. *E. de Martonne, 1903, p. 10-11.*

vellement des sciences géographiques, donne à la cartographie une place privilégiée. À plusieurs reprises, il affirme la nécessité de la carte pour l'enseignement, ce qui le conduit, au delà de considérations pédagogiques, à prôner une « réforme cartographique [31] » et à inviter les savants à « faire de bons ouvrages de topographie, étudier et représenter la France sous une foule d'aspects divers, climats, géologie, hydrologie, statistique, population, etc. [32] ».
Levasseur estime avoir composé personnellement des cartes selon des idées en grande partie nouvelles, notamment en matière économique [33]. L'originalité graphique est pourtant faible dans les manuels et atlas qu'il destine à l'enseignement. Sans doute par souci de simplification, il revient à des principes d'écriture « démodés », eu égard aux possibilités du code graphique en usage. Ainsi, dans les atlas qu'il publie en collaboration avec C. Périgot, se retrouve un style cartographique digne du XVIIIe siècle. Les *Cartes pour servir à l'intelligence de l'Europe*, de 1871, proposent des planches économiques purement qualitatives. Les cartes agricoles présentent ainsi des régions de différentes couleurs, sur lesquelles sont écrits les divers renseignements, « moutons », « légumes », etc. Des figurés en surcharge, hachures ou pointillés, précisent l'étendue des zones qui produisent « le plus de céréales », « le plus de bœuf » [34]... Les cartes industrielles ne sont que des inventaires de localisations, initiales ou abréviations remplaçant les signes, *Bo* pour bonnetterie, *Tis* pour tissage [35]... Enfin, une carte des échanges de l'Europe indique les seuls noms des produits du commerce, en sus de flèches sans signification statistique [36]. D'autres exemples pourraient être choisis dans le recueil des *Cartes pour servir à l'intelligence de la France et de ses colonies*, de 1868. Les données, par département, sur la population française, sont traduites par une échelle de couleurs non ordonnées : jaune (plus de 500 000 habitants) bleu (plus de 700 000) et rouge (plus de 1 000 000). Une série de symboles ponctuels estampillent les départements ayant le plus d'urbains, le plus d'aveugles, le plus de goîtreux [37]... S'il est probable que des sources statistiques sérieuses notamment en matière de géographie médicale, sont utilisées pour la plupart de ces cartes, la vocation quantitative s'est dissoute en fonction de préoccupations pédagogiques, mais au mépris d'élémentaires règles de lecture. Levasseur prétend longtemps après de Dangeau procéder de manière analytique dans ses atlas, pour éviter les confusions dans les jeunes esprits. Il ne se tient pas à ce principe, et compose des instruments d'enseignement peu efficaces [38].
Ces défauts ne se retrouvent pas dans les ouvrages destinés au public adulte. Dans l'*Atlas physique, politique, économique de la France*, publié en 1876, Levasseur rassemble 114 cartes en 8 planches, dont un grand nombre de cartes statistiques, de construction personnelle ou reposant sur les résultats de la Statistique générale de la France. Cartes choroplèthes, cartogrammes et cartes de flux sont mêlés, fournissant un tableau assez complet du code quantitatif, avec plusieurs emprunts directs à des auteurs comme Boudin, Bertillon ou Heuzé. Cet ouvrage a pu retenir l'attention des géographes, mais l'influence de Levasseur s'exerce cependant plus nettement à travers ses publications savantes : *La Population française* bien sûr, mais avant même

31. *É. Levasseur, 1872, p. 11.*

32. Ibid., *p. 13.*

33. Ibid., *p. 71*

34. *É. Levasseur, C. Périgot, 1871, planche 1D.*

35. Ibid., *planches 3D, 6D, etc.*

36. Ibid., *planche 28D.*

37. *É. Levasseur, C. Périgot, 1868, planche 17.*

38. *Certaines cartes murales destinées à l'enseignement sont cependant de bonne qualité graphique. On notera que l'une d'entre elles, de 1875, figurant le réseau français de chemin de fer, propose en carton une carte des flux de voyageurs suivant la méthode de C.J. Minard.*

cet ouvrage, les articles publiés entre 1886 et 1888 dans les premiers tomes du *Bulletin de l'Institut international de statistique.*

En 1886, dans un premier article, Levasseur met en avant l'utilité de la notion de densité pour les géographes, et appuie ses analyses sur une carte intitulée *Densité de la population en Europe, période 1880-1885* [39], au 1/14 000 000, construite par paliers de valeur, selon les circonscriptions administratives ou régions européennes. Il applique ce qui sera désigné plus tard comme la « méthode Levasseur » : huit intervalles statistiques sont déterminés (quatre de part et d'autre de la moyenne), et figurés en deux gammes de valeurs croissantes à partir de la moyenne. Les circonscriptions appartenant aux deux intervalles statistiques les plus proches de la moyenne sont en outre surchargées d'un semis de points. Les villes de plus de 100 000 habitants sont indiquées selon quatre symboles variant en forme. Connaissant le système de l'isoplèthe, Levasseur préfère l'écarter ici, car aux courbes d'égale densité de population « on peut [...] adresser le reproche de reposer sur une série d'hypothèses, puisque nulle part, pour ainsi dire, la limite des courbes ne se trouve dans les documents statistiques [40] ». Avec les cartes teintées suivant les aires administratives, « on obtient une image qui est bien quelque peu factice aussi [41] », reconnaît l'auteur, qui pense toutefois pouvoir en déduire certaines relations entre la population et le sol.

En 1887 paraît la seconde partie de l'article. Elle comprend une carte dressée selon le même procédé : *Densité de la population dans les 5 parties du monde* [42], au 1/100 000 000. Les circonscriptions administratives retenues sont les États, ou les régions et provinces des États. La très petite échelle n'apparaît pas comme un obstacle à l'interprétation : il ne s'agit que de percevoir une impression d'ensemble, des notions relatives, des grands contrastes. Levasseur est tout à fait conscient de la nécessité d'adapter le degré de précision statistique à la taille de l'espace terrestre étudié. Il le démontre en 1888, lors de la publication d'un troisième article dans lequel il illustre de manière très complète le thème de la répartition de la population à l'échelle de la France. Levasseur cherche notamment à approcher statistiquement le mode de peuplement, en proposant des cartes choroplèthes, à base départementale, du « nombre d'urbains sur 100 habitants » et du « rapport de la population rurale et de la population urbaine [43] ». De telles représentations, si éloignées de la réalité de la répartition, ne susciteront par la suite que critiques de la part des géographes. Elles symbolisent toutefois un premier et bizarre compromis entre préoccupations statistiques et géographiques. De manière beaucoup plus ingénieuse, Levasseur traduit la densité de la population française par une série de cartes choroplèthes montrant successivement la densité par département, par arrondissement, puis par canton (exemple en figure 74) [44]. Cette série est couronnée par la superbe carte par isoplèthes de la densité de la population française commune par commune, au 1/1 600 000, empruntée à Victor Turquan [45]. Levasseur est loin, on le voit, de se contenter d'une cartographie statistique grossière. Ici, l'image de la densité se rectifie progressivement, les populations diffuses au niveau départemental se résolvant progressivement en ces « noyaux de cris-

39. *É. Levasseur, 1886, carte opp. p. 114.*

40. Ibid., *p. 17.*

41. Ibid., *p. 18.*

42. *É. Levasseur, 1887, carte opp. p. 242.*

43. *É. Levasseur, 1888, cartes p. 21 et 31.*

44. Ibid., *p. 77, 78, 79.*

45. Ibid., *carte h.-t., opp. p. 48.*

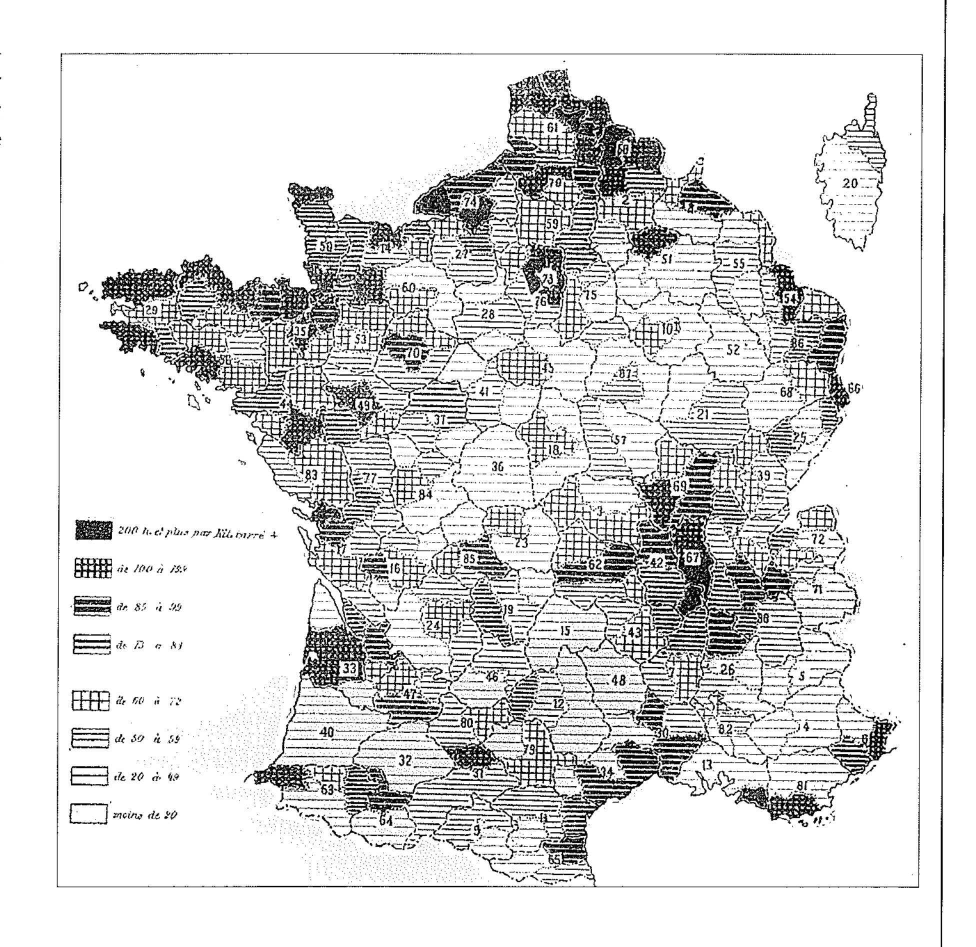


Fig. 74. É. Levasseur, *Densité de la population de la France par arrondissements en 1886*, 1888. (Bibliothèque de l'Institut de géographie)

tallisation » disposés, selon Levasseur, non au hasard, mais suivant certaines lois géographiques. Dans l'une de ses dernières publications, en 1909, Levasseur compare ce processus à l'observation astronomique, les masses d'hommes se décomposant sur les cartes particulières en masses moindres, comme se décompose la matière cosmique vue au télescope. Selon Vidal de la Blache, « on ne saurait mieux dire et mieux montrer comment le statisticien peut trouver dans la géographie de précieux moyens d'analyse[46] ».

Dans les 3 tomes de *La Population française*, Levasseur reprend largement ses analyses antérieures, et reproduit intégralement les illustrations de statistique graphique présentées en 1888. Mais il en ajoute bien d'autres. Outre des courbes, histogrammes et diagrammes proportionnels divers, il propose encore des cartes teintées d'après Broca et Bertillon (avec le système des écussons), plusieurs cartogrammes inspirés par Cheysson, ainsi que des illustrations empruntées à Turquan, notamment deux extraits de sa carte au 1/1 600 000, pour Paris et les environs de Paris. Ainsi, à l'exception de la carte de flux et de la carte par points, les procédés majeurs de la statistique graphique sont présents dans l'œuvre savante de Levasseur, avec leurs qualités et leurs défauts. L'illustration est beaucoup plus moderne que dans les publications à destination des scolaires, encore faut-il remarquer que les thèmes économiques ne sont pas abordés. Grâce à Levasseur s'établit ainsi un lien entre la géographie et plusieurs « traditions » de statistique gra-

46. *P. Vidal de la Blache, 1911, p. 458.*

phique : celle des ingénieurs, des médecins et anthropologues, des services officiels.

Les géographes réagissent de manière plus ou moins critique à la cartographie que présente Levasseur, au même titre qu'à sa théorie du peuplement. On ne peut parler d'influence au sens strict, dans la mesure où les géographes rechercheront d'autres voies de représentation, mais il est certain que les travaux de Levasseur sont un point de départ, font office de révélateurs quant aux possibilités de la statistique graphique, les travaux antérieurs aux années 1880 restant peu connus[47]. L'intérêt des géographes est attesté non seulement par les références générales aux ouvrages de Levasseur, déjà évoquées, mais aussi par des commentaires particuliers sur les méthodes graphiques qu'il utilise. Certes, les textes théoriques sur la cartographie quantitative, signés de géographes, sont rares, mais on trouve cependant sous la plume de Jean Brunhes et d'Emmanuel de Martonne, au début du XXe siècle, des analyses approfondies à ce sujet.

En 1900, dans la revue *Études géographiques*, Brunhes indique que « la statistique excelle à figurer, à représenter par des graphiques les valeurs numériques. Les statisticiens ont compris, tout les premiers, combien il était difficile d'acquérir la conception d'un grand nombre et combien il était malaisé d'établir entre plusieurs grands nombres un rapport simple. De là ces rectangles, ces cercles, ces courbes et tout ce jeu de figuration sensible que l'on appelle les diagrammes et les cartogrammes[48] ». Brunhes renvoie en note à Émile Levasseur, pour le détail des méthodes graphiques. Il cite par ailleurs « la remarquable carte de M. Turquan[49] », mentionnant sa publication dans *La Population française*.

Emmanuel de Martonne, dans sa thèse complémentaire publiée en 1903, se réfère plusieurs fois à Levasseur lorsqu'il décrit les moyens de représentation des données relatives à la population. Il évoque ses diagrammes proportionnels, puis à propos de l'expression des conditions de groupement des lieux habités, la *Carte du rapport de la population rurale à la population urbaine par départements en 1881*[50]. Il se sert de la carte de la *Densité de la population en Europe* publiée dans *La Population française* pour mettre en évidence l'inconvénient résultant de l'emploi de divisions administratives de taille inégale[51]. Enfin, de Martonne évoque la nécessité de choisir la division administrative minimale, pour mieux s'approcher de la réalité géographique, en mentionnant à nouveau les cartes de densité de la population française produites par Levasseur[52].

Les autres sources

À la fin du XIXe siècle, les géographes semblent avoir admis l'utilité de la statistique graphique, à laquelle ils rendent des hommages appuyés. Le rôle de Levasseur apparaît primordial dans cette « reconnaissance ». Les œuvres pionnières de la cartographie quantitative, de Dupin, Guerry ou de Montizon, restent quant à elles ignorées. L'oubli est également passé sur les travaux théoriques de Lalanne, et ainsi de Martonne ne parle des isoplèthes que comme de la « méthode Ravn », empruntant ses explications au lieutenant

47. *La méconnaissance, en géographie, de la tradition de cartographie quantitative qui précède Émile Levasseur s'est maintenue jusqu'à une période récente. Ainsi en 1969, P. Claval et J.-C. Wieber datent l'utilisation (« systématique », est-il précisé) du procédé du flux et des cartes choroplèthes des années 1880, en se référant, pour les dernières, à Levasseur : « Les méthodes de représentation [...] ont été mises au point à la fin du siècle dernier pour la cartographie des densités [...]. Le passage de l'utilisation qualitative des plages de couleur à une utilisation quantitative s'est fait aux environs de 1880-1890. Nous ne savons pas exactement qui en eut l'initiative. Lorsqu'on lit les ouvrages d'Émile Levasseur, on a cependant l'impression qu'il s'agit d'un procédé qui, en France, a été utilisé pour la première fois, de manière systématique, aux environs de 1885-1890. » Voir P. Claval, J.-C. Wieber, 1969, p. 38.*

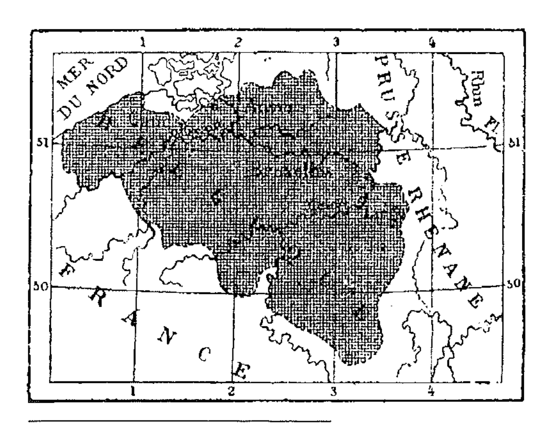
48. *J. Brunhes, 1900, p. 66.*

49. Ibid., *p. 71.*

50. *E. de Martonne, 1903, p. 15*

51. Ibid., *p. 24.*

52. Ibid.



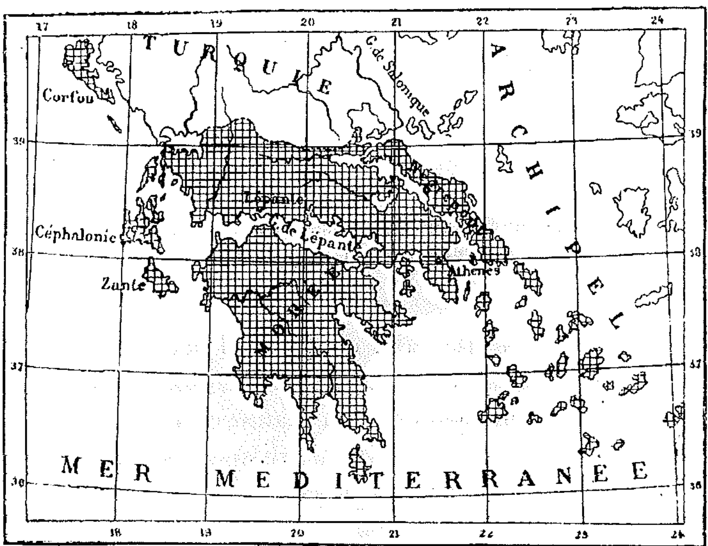


Fig. 75. É. Reclus, figures comparatives de la densité de population en Belgique et en Grèce (*La Terre...*, 1869). (Cliché : B.N., Service photographique.)

danois[53]. D'autre travaux français, outre ceux de Levasseur, ne sont cependant pas passés totalement inaperçus des géographes français. Ceux de Minard trouvent ainsi quelque écho, notamment le procédé de la ligne de flux. Celui-ci semble être indirectement connu, grâce aux publications plus tardives du ministère des Travaux publics : lorsque Brunhes, en 1900, évoque le système des bandes proportionnelles aux trafics, il se réfère aux exemples proposés dans la collection de l'*Album de statistique graphique*[54]. En géographie, le procédé ne semble guère diffusé avant l'extrême fin du XIXe siècle (bien que Levasseur l'ait utilisé pour certaines cartes murales destinées à l'enseignement) : il apparaît dans l'atlas de Schrader, Prudent et Anthoine, puis l'*Atlas général* de Vidal de la Blache[55].

Seul un géographe cite Minard, et démontre bien avant ses pairs une connaissance directe de ses cartes : c'est Élisée Reclus. En 1869, dans le second tome de *La Terre*, Reclus présente ainsi une comparaison de la population de la Belgique et de la Grèce en s'appuyant sur deux cartes réalisées par A. Vuillemin[56] (figure 75). La méthode de figuration s'inspire de celle qu'appliquait Minard dans la *Carte figurative et approximative des populations spécifiques des provinces d'Espagne* en 1866 (voir au chapitre III). « Quant à la population comparée des deux pays, écrit Reclus, on peut la figurer par les deux cartes précédentes, où, d'après un système un peu différent de celui de M. Minard, la densité des habitants est, pour une même surface, proportionnelle au nombre de carrés[57]. » D'autres illustrations des traités de Reclus ont sans doute été influencées par les méthodes de Minard. Outre cette technique de quadrillage, utilisée à plusieurs reprises dans la *Nouvelle Géographie universelle* à partir du tome 4 (1879), on retrouve dans *La Terre* l'emploi du cercle proportionnel pour exprimer les populations urbaines[58]. Le procédé du flux, absent des premiers volumes de la *Nouvelle Géographie universelle* est employé dans le volume 5, sur l'Europe scandinave et russe : Claude Perron, l'auteur attitré des illustration cartographiques de l'ouvrage, y dessine une carte du « mouvement commercial entre Saint-Petersbourg et Astrakhan[59] »

53. Ibid., *p. 30.*

54. *J. Brunhes, 1900, p. 68.*

55. *F. Schrader, F. Prudent, E. Anthoine, 1891, planche 12. P. Vidal de la Blache, 1894, planches 72 et 73.*

56. *É. Reclus, 1869, p. 636-637.*

57. Ibid., *p. 637-638.*

58. Ibid., *p. 713.*

59. *É. Reclus, 1880, p. 883. Voir sur ce point P. Claval, J.-C. Wieber, 1969, p. 80.*

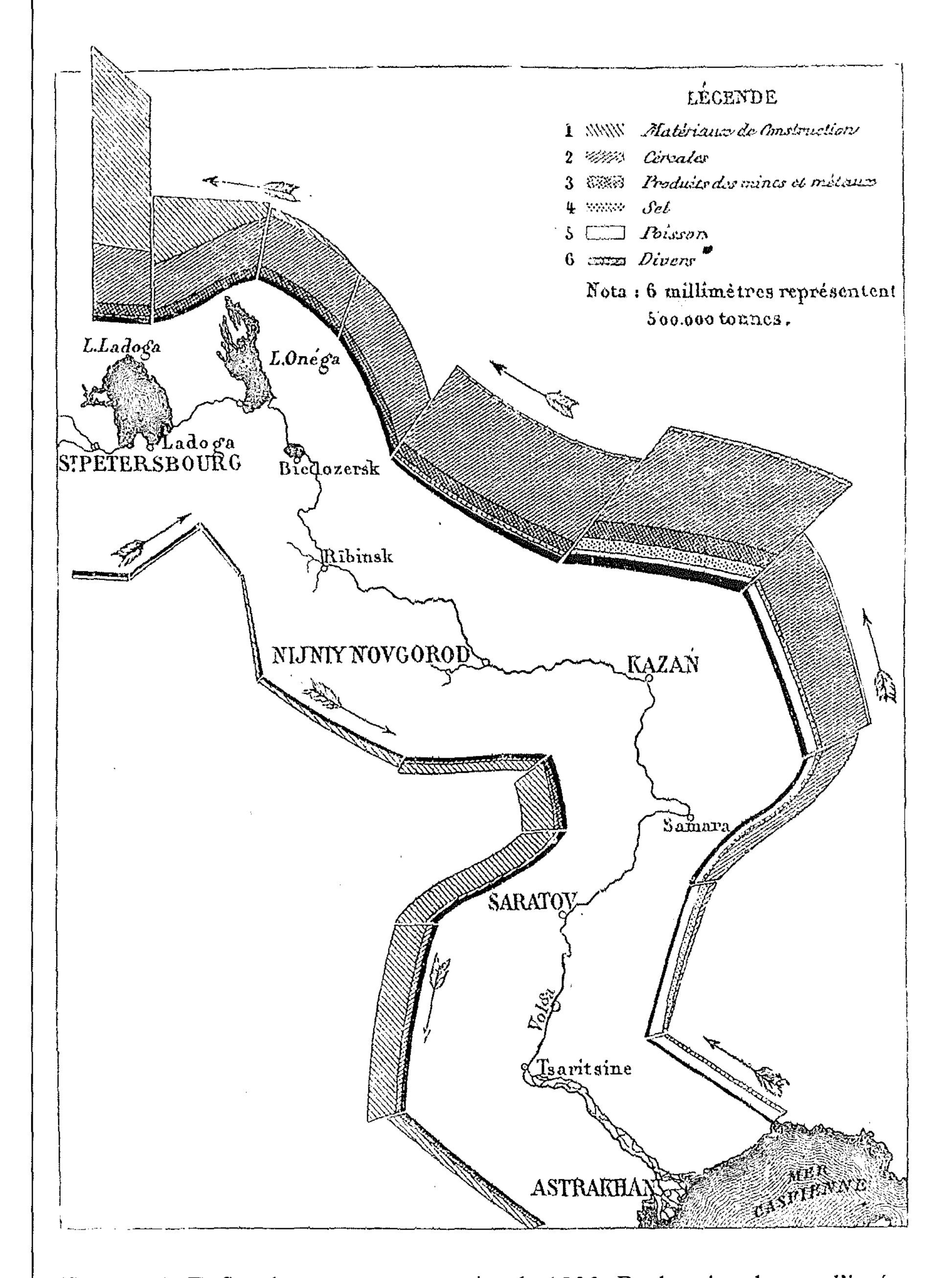


Fig. 76. É. Reclus, *Nouvelle géographie universelle*, t. 5, fig. 194 : Mouvement commercial entre Saint-Petersbourg et Astrakhan, 1880. (Cliché : B.N., Service photographique.)

(figure 76). Enfin, dans un commentaire de 1890, Reclus signale tout l'intérêt de cartes figuratives, qui permettent de « saisir d'un seul coup d'œil tous les grands faits relatifs à la densité des populations[60] ». Ne croirait-on pas entendre Minard lui-même ?

Reclus tient en fait une place originale parmi les géographes du XIXe siècle, tant son œuvre est abondamment illustrée en cartes statistiques. Cartes teintées ou cartes par isoplèthes apparaissent dès 1877 dans la *Nouvelle Géographie universelle*, avec des références très diverses, révélatrices des vastes curiosités de Reclus : on retrouve une *Carte de la taille en France*, d'après Broca, des allusions aux travaux graphiques de Bertillon, de Boudin, de Lagneau, ou la *Carte de l'instruction primaire en 1876*, d'après Levasseur. Cet intérêt pour l'image n'est pas démenti dans les ultimes publications de

60. *É. Reclus, 1889-1890, p. 123.*

Reclus. Son introduction au *Dictionnaire géographique et administratif de la France* de Paul Joanne (1905) propose un grand nombre de cartes teintées, ethnographiques ou démographiques, empruntées entre autres à Collignon et Turquan. Enfin, dans *L'Homme et la terre*, publication posthume (6 volumes entre 1905 et 1908), les cartes statistiques sont encore nombreuses, conformément aux vœux de l'auteur, qui avait laissé en ce sens une liste de 700 à 800 cartes.

Si l'on excepte Reclus, les géographes, notamment ceux de l'école vidalienne, ont à la fin du XIXe siècle une connaissance de la statistique graphique restreinte à des travaux tardifs souvent issus de la statistique officielle. Pour Brunhes, « il serait injuste de ne pas insister sur les relations qui ont existé entre les bureaux de statistique et les publications cartographiques, et sur les services que ceux-là ont rendu par là à la géographie[61]. » Les cartes de Victor Turquan, chef du bureau de la Statistique générale de la France, sont ainsi appréciées au même titre que celles de Levasseur, car Turquan « tendait de plus en plus à envisager au point de vue géographique[62] » des phénomènes tels que les densités, le mouvement de la population, la répartition des industries, etc. Plusieurs cartes, reprises par Reclus ou Levasseur, n'ont pu échapper aux géographes. La *Répartition géographique de la population en France...* n'était-elle pas mentionnée par Ratzel lui-même dans l'*Anthropogéographie* ? Mais la connaissance de ces travaux n'est pas toujours de seconde main ; Turquan a fait, nous l'avons dit, plusieurs communications dans des revues géographiques. Par ailleurs, la carte de la densité de la population française commune par commune fait l'objet d'une édition séparée, que de Martonne signale élogieusement : « la carte de Turquan est encore à l'heure actuelle l'image la plus fidèle que nous possédions du groupement de la population en France, et tous les grands contrastes y sont suffisamment mis en lumière[63]. »

Certaines cartes réalisées par l'office du travail, sous la direction de Turquan, sont également appréciées. De Margerie et Raveneau les mettent au rang des « tentatives méritoires » qu'ils ont pu observer à l'exposition de 1900, dans l'esprit d'une véritable application de la cartographie à la géographie humaine[64].

Au hasard des bibliographies des *Annales de Géographie*, bien d'autre travaux de la statistique graphique institutionnelle sont cités, mais le plus souvent en tant que « premiers fonds statistiques » pour les études régionales. Cependant, il faut faire une mention particulière pour l'*Album de statistique graphique* du ministère des Travaux publics, œuvre influente sans doute, puisque dès le premier tome des *Annales de Géographie*, elle est signalée parmi les sources importantes de la géographie de la France, pour la partie économique[65]. En 1907, tandis que la publication de l'*Album* s'est interrompue, Vidal de la Blache rend hommage à « l'unité et la valeur de cette œuvre[66] » et à Émile Cheysson, qui l'a dirigée. Le chef de file de l'école française de géographie régionale insiste alors sur l'avantage des représentations figurées : « l'application de la cartographie et des procédés figurés à la statistique est une méthode suggestive et féconde. Elle peut rendre dans le

61. *J. Brunhes, 1910, p. 712.*

62. *E. de Margerie, L. Ravenau, 1900, p. 306.*

63. *E. de Martonne, 1903, p. 32.*

64. *E. de Margerie, L. Ravenau, 1900, p. 306.*

65. Annales de géographie *1, 1891-1892, p. 33.*

66. *P. Vidal de la Blache, 1907, p. 175.*

domaine des faits économiques des services semblables à ceux que les cartes et les graphiques rendent quotidiennement à l'étude des climats[67]. » Vidal demande à ce que l'on ne coupe pas court à cette publication ministérielle, dont l'utilité scientifique est éprouvée.

67. Ibid., *p. 177.*

La statistique sous surveillance

Du « sens géographique » des statisticiens

Lorsqu'à la fin du XIXe siècle, la géographie française devient une discipline encyclopédique et « envahissante » au sein des sciences sociales[68], les géographes ne peuvent se défendre d'une certaine condescendance envers les autres chercheurs. On voit ainsi Ludovic Drapeyron, fondateur en 1877 de la *Revue de géographie*, opposer à l'érudit historien, « souvent myope » et « sédentaire avant tout », l'observateur géographe à la vue perçante, toujours sur les chemins, appelant à lui comme autant d'auxiliaires la topographie, la géologie, l'ethnologie, la climatologie, etc.[69] Le syncrétisme de la pensée géographique en fonde évidemment la supériorité vis-à-vis des autres disciplines, devenues subordonnées. Le géographe oppose sa hauteur de vue à la vue basse des autres spécialistes. Le statisticien n'échappe pas à une telle appréciation réductrice. Ainsi en 1894, Vidal de la Blache indique en introduction de son *Atlas général* : « J'ai dû faire des emprunts à des sciences voisines, non certes pour promener l'esprit, mais pour en tirer des témoignages utiles. Ce n'est pas, par exemple, de la statistique que j'ai essayé d'exprimer dans quelques-unes de ces cartes, mais de la géographie au moyen de statistiques. Je n'ai pas cherché à imiter le savant qui suit pas à pas et de chiffre en chiffre l'évolution d'un phénomène économique et social ; mais seulement de dégager de ces chiffres les moyennes sur lesquelles la géographie peut fonder une notion[70]. »

Jean Brunhes est encore plus net, lorsqu'il s'exclame à propos de la statistique : « en tout ce qui concerne les faits essentiels de la surface terrestre, qu'est-elle, que peut-elle être sans la géographie humaine, qui tout à la fois l'appelle et la commande[71] ? »

En définitive, aux yeux des géographes, les statisticiens les plus remarquables sont ceux qui ont su manifester un sens géographique comme, nous l'avons vu, Levasseur ou Turquan. Quant aux progrès méthodologiques de la statistique, ils sont vus comme le résultat des efforts dispensés par les statisticiens *pour se montrer plus géographes*, après qu'ils aient constaté les défauts de leurs représentations. Ainsi, selon de Martonne, le principe de retenir pour les cartes teintées la division administrative minima a été « reconnu de bonne heure et formulé par les statisticiens qu'attirait le côté géographique de la démographie[72] ». De même, Brunhes juge que « la statistique [...] se fait [...] de plus en plus géographique : le calcul de la densité de la population éli-

68. Cf. *N. Broc, 1976, p. 232.*

69. *Cité par N. Broc, 1974, p. 561.*

70. *P. Vidal de la Blache, 1894, p. V-VI.*

71. *J. Brunhes, 1913, p. 26.*

72. *E. de Martonne, 1903, p. 24.*

mine, par exemple, les grandes villes comme constituant un élément qui n'est pas comparable avec les autres[73] ». Brunhes en vient même à considérer toute la cartographie statistique comme le résultat de ce processus : « mais toutes ces représentations (*N.B.* : courbes et diagrammes), et surtout les diagrammes, ont une physionomie un peu trop abstraite, et les statisticiens l'ont bien compris : ils ont fait des efforts pour rapprocher leurs modes de représentation de la réalité géographique, et, pour les faire plus géographiques, ils ont voulu les combiner avec les cartes[74]. »

73. *J. Brunhes, 1900, p. 65.*

74. Ibid., *p. 67.*

Une telle interprétation est trompeuse, dans la mesure où elle semble subordonner la cartographie statistique à un modèle, une influence extérieure. Or, s'il est opportun de prêter un sens géographique à certains statisticiens, celui-ci résulte à la fois d'une évolution et d'une problématique propres à leur discipline. D'une part, l'affinement des enquêtes statistiques permet d'obtenir des résultats, numériques et graphiques, à une échelle plus grande. Par ailleurs, Vidal de la Blache ou Brunhes forcent le trait lorsqu'ils décrivent des statisticiens enfermés dans l'abstraction, ou aveuglés par les nombres et leur évolution. Bien avant que ne se constitue l'école française de géographie, certains ont le souci de se rapprocher de la réalité des répartitions, car la question du rapport du nombre avec le sol fait partie de leurs préoccupations, en vue d'actions concrètes ou d'expérimentations scientifiques. Il apparaît ainsi que les géographes de la fin du XIXe siècle, tout en empruntant à la statistique concepts ou moyens de représentation, tiennent absolument à minimiser leur dette : certains statisticiens se seraient faits géographes, et non l'inverse. Ce « géographicocentrisme » se double d'ailleurs de la volonté de marquer sa différence, son originalité. Berdoulay le rappelle, « les vidaliens considéraient [...] les autres chercheurs impliqués dans la recherche géographique comme de bons économistes, sociologues ou statisticiens, mais non comme des géographes[75] ». Telle est l'attitude de Vidal de la Blache à l'égard de Levasseur, jugé avant tout comme un économiste, ou un historien de l'économie : « il laisse une œuvre considérable dans laquelle la géographie tient une place importante, mais non la principale[76]. » La distance ainsi établie exprime bien entendu une discrimination méthodologique. Si les géographes sont prêts, en effet, à reconnaître l'utilité de certains travaux scientifiques, il n'est pas question pour eux, suivant en cela Ratzel, d'entretenir la confusion entre la statistique et la géographie humaine ou économique, et subséquemment, entre cartographie statistique et géographique.

75. *V. Berdoulay, 1981, p. 147.*

76. *P. Vidal de la Blache, 1911, p. 457.*

De Martonne résume ainsi cette différence radicale : « Un des principes essentiels de la méthode géographique est de rechercher la localisation des phénomènes humains et de déterminer leur aire d'extension. Cette préoccupation n'est pas la plus importante pour le statisticien qui tient surtout à avoir des chiffres exacts, exprimant les faits qu'il étudie. La question statistique c'est : combien ? – La question géographique c'est : où ? Mais c'est aussi : pourquoi ? – En effet le géographe envisage les phénomènes non pour eux-mêmes, mais dans leur rapport de cause ou d'effet avec des phénomènes voisins d'ordre physique, économique ou politique. Ce qui l'intéresse c'est

moins la connaissance très précise du phénomène que celle de ses antécédents et de ses conséquences. Répondre à la double question où ? et pourquoi ? voilà quelle doit être la constante préoccupation du géographe[77]. » On pourrait à nouveau reprocher à de Martonne une conception assez grossière de la statistique, comme simple collecte de chiffres exacts, qui fait peu de cas de la mise au point des indicateurs, des méthodes mathématiques, du cadre de classement des faits... Mais il faut comprendre cette attitude dans la mesure où le géographe n'est somme toute intéressé que par la participation pratique de la statistique à sa propre science. Seuls comptent alors « les résultats obtenus par cette science indépendante[78] », comme l'écrit Brunhes, qui, prudent, se refuse à toute « dissertation générale » sur la statistique, sa définition ou sa scientificité.

77. *E. de Martonne, 1903, p. 11.*

78. *J. Brunhes, 1900, p. 47.*

Les résultats sont indispensables, mais le géographe doit en user avec prudence. Brunhes pense même que l'apport de chiffres sans limites peut compromettre le caractère géographique des études[79]. Il se place certes du point de vue de l'enseignement de la géographie économique, mais son propos exprime une méfiance plus générale. Signalons que l'attitude des géographes, étudiée ci-après, peut être rapprochée de celle d'économistes politiques de la première moitié du siècle, inquiets du développement exubérant de l'information statistique, et jugeant que les nombres peuvent brouiller l'image de la réalité sociale et économique et constituer un obstacle à leur science[80].

79. Ibid., *p. 46.*

80. *Voir sur ce point C. Ménard, « Trois formes de résistance aux statistiques : Say, Cournot, Walras », p. 417-429 dans* Pour une histoire de la statistique, *tome I,* Contributions, *Paris, Economica, 1987.*

Critique du Nombre

L'accueil réservé aux représentations graphiques ne peut être étudié indépendamment d'informations potentielles qui sont elles-mêmes reconsidérées dans un esprit géographique. Selon Brunhes, les premiers résultats de la statistique, ce sont en effet des chiffres bruts, des évaluations globales plus ou moins approchées, puis, pour favoriser l'appréciation et la comparaison des phénomènes, des chiffres convertis en indices, fractions, rapports, chiffres spécifiques..., c'est-à-dire des « réductions numériques relatives[81]. »

81. Ibid., *p. 47.*

LES ÉVALUATIONS GLOBALES

L'appréciation, en données absolues, des superficies, populations ou faits économiques, présente plusieurs inconvénients mis en avant par les géographes. « Ne soyons jamais dupes d'un nombre[82] », conseille Brunhes. Pour les grands nombres, les différences d'ordre de grandeur se perçoivent mal : milliers et millions de tonnes, millions et milliards de francs... En outre, faut-il s'encombrer l'esprit de nombres d'une exactitude très inégale, et parfois rapidement caducs ? Brunhes souligne justement que les statisticiens peuvent fournir à l'unité près des résultats qui ne proviennent que d'estimations, donnant ainsi l'impression que « peut être connue avec la même précision, par exemple, la population de Pékin et celle de Londres ou Paris[83] ». Il juge, après Ratzel, que la sagesse exige de supprimer les renseignements

82. Ibid., *p. 57.*

83. Ibid., *p. 55.*

suspects : « La question « Où ? » ne doit pas exclure la question « Combien ? » Mais quand je ne peux répondre exactement à la question « Combien ? », il est préférable de m'en tenir à la question « Où ? » qui correspond proprement à l'emplacement géographique [84]. » La fausse exactitude peut encore être introduite par l'unité adoptée. Un nombre, même exact, peut ne pas être un sûr critère, ainsi de la production textile, exprimée en nombre de broches sans précisions sur la puissance des broches, ou le nombre de broches restées inactives [85]. Enfin et surtout, les faits statistiques sont essentiellement des faits administratifs ou enregistrés par l'administration, selon le classement de Levasseur, c'est-à-dire « rarement en correspondance exacte avec les faits géographiques [86] ». D'après Levasseur, il existe une autre catégorie de statistiques, qui offrent moins de garanties : elles correspondent aux faits qui ne sont ni administratifs ni enregistrés par l'administration, et résultent d'enquêtes privées sur le terrain. Les géographes accordent leur préférence à ces dernières. Ainsi, Brunhes livre à ce propos cette étonnante remarque : « on pourrait en inférer que les statistiques qui seraient les plus intéressantes pour les géographes doivent être parfois les moins précises ou les moins sûres [87]. » Du point de vue des géographes, la précision statistique n'est pas un véritable avantage, ou tout au moins, elle ne compense pas cet inconvénient majeur : les chiffres sont des abstractions qui masquent les faits. Chez Ratzel apparaissait déjà cette idée d'occultation des réalités géographiques par les nombres : « plus je m'appuie sur des chiffres, plus je me rapproche de la statistique, dont l'effort tend à des représentations qui sont le plus possible d'ordre purement numérique, et plus je m'éloigne de la géographie [88]. » En France, Lucien Gallois, rendant compte dans les *Annales de géographie* du livre de Paul Meuriot, *Des agglomérations urbaines dans l'Europe contemporaine*, exprime une réticence de même nature : « il ne faut point se dissimuler que les statistiques, si elles offrent l'avantage de fournir dans une pareille étude la seule base solide qu'on puisse choisir, ont aussi le grand inconvénient, en substituant les chiffres aux faits eux-mêmes, de masquer leurs relations avec le sol, c'est-à-dire de les dépouiller de leur caractère géographique [89]. » Base, voire couronnement d'une étude, soit, écrit Fernand Maurette dans la même revue, mais « les chiffres, si abondants et si précis qu'ils soient, ne remplaceront jamais les enquêtes menées sur les lieux-mêmes, où les faits sont pris sur le vif [90]. » En conséquence, dans le cadre de l'enseignement de la géographie, Brunhes juge que les chiffres devraient être remplacés par des « ordres de grandeur », ou rapprochés de « mesures-étalons », comme les données relatives à la France (population, superficie...) qui correspondent à des réalités géographiques plus conscientes [91]. Les chiffres ne valent qu'encadrés par la géographie, reliés à une réalité concrète, et en définitive, « une indication géographique générale vaut [...] tout autant qu'un nombre, ce nombre fût-il en lui-même exceptionnellement exact [92]. »

84. Ibid. *Voir aussi F. Ratzel, 1900, p. 27.*

85. *J. Brunhes, 1900, p. 56.*

86. *É. Levasseur, 1889, p. 19.*

87. *J. Brunhes, 1900, p. 49.*

88. *F. Ratzel, 1900, p. 27, cité par J. Brunhes, 1900, p. 56.*

89. *L. Gallois, 1898, p. 56.*

90. *F. Maurette, 1909, p. 140.*

91. *J. Brunhes, 1900, p. 51.*

92. Ibid., *p. 56.*

LES RÉDUCTIONS NUMÉRIQUES RELATIVES

Les critiques sont toutefois modulées dans le cas où la statistique s'élève à ces conceptions nouvelles que sont les moyennes, rapports, indices ou chiffres spécifiques. Ainsi la densité de population est jugée comme une notion explicite, un « rapport simple, précis, facile à obtenir et permettant la comparaison entre les pays les plus divers[93]. » De Martonne en admet l'intérêt, et se félicite de son adoption quasi-universelle en géographie humaine. Sur un plan plus général, Brunhes reconnaît que « le calcul des moyennes est fait pour séduire, et [qu'] il a, non sans raison, séduit les géographes.[94] » Parmi ces moyennes, il en est qui expriment « d'une manière heureuse et résumée ces réalités naturelles[95] », et constituent donc des évaluations opportunes : densités ou productions moyennes, moyennes climatiques ou altimétriques...

Malgré l'usage de ces notions en géographie, les auteurs ne masquent pas leurs inconvénients. Comme dans le cas des évaluations globales, il faut évidemment éviter de rapprocher des valeurs de nature différente. L'état des transports, indique Brunhes, ne peut être étudié exclusivement à partir de la longueur des voies ferrées rapportée à la population ou la superficie d'un pays : il faut tenir compte des conditions techniques d'exploitation, et prendre en compte pour les comparaisons tout le réseau de communications, la voie ferrée n'étant pas partout le principal mode de transport[96]. De telles maladresses peuvent être corrigées, mais il reste que la nature abstraite et donc trompeuse des nombres subsiste dans les réductions numériques. Brunhes illustre ce propos en rappelant la définition de la moyenne donnée par Levasseur : « résultante intermédiaire et unique d'un certain nombre de grandeurs connues[97] ». Selon lui, les mots « résultante » et « unique » montrent bien que « la préoccupation des statisticiens qui calculent les moyennes doit forcément différer de la préoccupation des géographes qui cherchent à rendre compte de la réalité *multiple* et *variée*[98]. » La moyenne étiquette collectivement des réalités différentes, et deux pays aux moyennes climatiques semblables peuvent avoir des climats distincts[99]. Par ailleurs, il apparaît dangereux de calculer la valeur moyenne d'une série de nombres de même nature, mais dont les extrêmes sont très différents. La moyenne n'apparaît valable que dans le cas où les données sont habilement choisies, et concernent les faits ordinaires, courants. Le géographe ne peut donc s'y intéresser que si elle correspond à une *normale* (rendement général, récolte habituelle...)[100]. La conception alors idiographique de leur science porte les géographes, suivant une nouvelle fois les conseils de Ratzel dans l'*Anthropogéographie*, à détailler les cas particuliers plutôt qu'à les réunir arithmétiquement[101].

La notion de densité, qui n'est somme toute qu'une application du calcul des moyennes, n'est-elle pas aussi discutable ? Les géographes en soulignent d'autant plus les défauts que les statisticiens eux-mêmes les mentionnaient : Levasseur y voyait « une notion sommaire », s'appliquant très rarement à toute la superficie de la contrée servant de base aux calculs[102]. Par ailleurs, des régions de densité identique peuvent présenter une distribution de la

93. *E. de Martonne, 1903, p. 14.*

94. *J. Brunhes, 1900, p. 59.*

95. Ibid., *p. 62.*

96. Ibid., *p. 62-63. L'exemple est emprunté à M. Dubois,* Géographie économique de l'Europe, *Paris, 1889, p. VIII-IX.*

97. *É. Levasseur, 1889, p. 38.*

98. *J. Brunhes, 1900, p. 60.*

99. Ibid., *p. 61.*

100. Ibid., *p. 65.*

101. *Voir F. Ratzel, 1882, p. 104.*

102. *É. Levasseur, 1889, p. 422.*

population complètement différente. Or, la problématique géographique est justement de mettre en rapport le mode de groupement des habitants, avec les types d'activité économique, les habitudes de vie ou la nature des sols. Les géographes reconnaissent que les statisticiens ont bien tenté d'établir d'autres indicateurs, pour rendre compte de la réalité des distributions : le rapport de la population rurale à la population urbaine, ou le rapport de la population agglomérée à la population disséminée, proposés respectivement par Levasseur et Turquan. De Martonne les évoque, mais il les juge encore trop éloignés des faits concrets, quand ils ne sont pas, en l'état des recensements, impossibles à calculer [103].

103. *E. de Martonne, 1903, p. 15-17.*

Les géographes s'accordent sur un point : le principal correctif que l'on puisse apporter à ces mesures défectueuses, c'est l'utilisation de la division administrative minimale comme base des calculs. Les études régionales, selon Maurette « souffriraient encore plus qu'une étude générale d'avoir toutes leurs données fournies dans le cadre administratif du département ou, tout au plus, de l'arrondissement. Il est bien évident que la seule circonscription administrative dont le géographe puisse vraiment tirer profit dans ses études statistiques est la commune, ou, tout au moins, dans certaines circonstances, le canton. L'arrondissement est déjà trop étendu ; le département, presque toujours de construction artificielle, est trop souvent *anti-géographique* [104]. » Progrès, cette statistique communale, mais non panacée. Le problème de fond demeure, et de Martonne soulève d'autres difficultés : « si petite que soit l'unité prise, on doit reconnaître qu'elle est artificielle, on est amené à la subdiviser, à mettre à part les surfaces incultes, d'où résultent de nouveaux sujets de discussion [105]. »

104. *F. Maurette, 1909, p. 140.*

105. *E. de Martonne, 1903, p. 27.*

L'usage des statistiques relève somme toute d'une attitude plus résignée qu'enthousiaste. Il est dans tous les cas assorti de restrictions et de précautions. En 1916, si Vidal de la Blache juge acceptables les divisions cantonales, pour son étude sur la population d'Alsace-Lorraine, c'est « à condition toutefois de ne pas s'en tenir aux données statistiques. Car, pour serrer d'aussi près que possible une réalité soumise à tant de contingences diverses, des groupements qu'on pourrait comparer, suivant l'expression de feu Émile Levasseur, à ces masses cosmiques qui se résolvent au télescope en une infinité de points lumineux distincts, il faut s'efforcer de combiner les données statistiques avec celles de la géographie [106]. »

106. *P. Vidal de la Blache, 1916, p. 97.*

Les cartes statistiques : un « déguisement géographique » ?

Parmi les résultats de la statistique, les représentations graphiques bénéficient d'un préjugé favorable auprès des géographes, nonobstant les réticences exprimées à l'égard de l'information numérique, comme si l'image éloignait de l'abstraction. Nous avons déjà évoqué les réflexions sur ce point de Vidal de la Blache ou Brunhes. Ce dernier, en 1910, réaffirme que « statistique graphique et géographie cartographique ne doivent cesser de s'entraider [107] ». La critique des nombres peut en effet apparaître comme un plaidoyer en faveur des méthodes de représentation graphique : les dia-

107. *J. Brunhes, 1910, p. 711.*

grammes permettent par exemple une comparaison rapide entre plusieurs quantités, ou grands nombres. Les courbes, elles, présentent « une valeur géographique plus spéciale [108] ». Elles ont « le grand mérite de rendre les variations d'un même phénomène et de figurer avec évidence la marche de ce phénomène [109] ». Si l'énumération des valeurs statistiques abstraites paraît figer le phénomène, d'après Brunhes, la courbe produit l'impression inverse, ce qui peut être tenu pour positif, notamment en géographie économique, où « rien n'est immobile [110] ». Le degré d'abstraction des graphiques ou diagrammes est cependant jugé encore trop élevé. Ces représentations statistiques, « loin de la réalité, figurées à elles seules, paraissent trop froides, trop inertes [111]. » D'ailleurs, si Brunhes leur reconnaît quelques qualités, notamment pédagogiques, un auteur tel que de Martonne apporte un avis plus tranché, à la suite des allemands Ratzel ou Neukirch : « le diagramme est un procédé étranger à la méthode géographique. Il n'est que l'expression géométrique d'un chiffre, ne renseigne aucunement sur l'extension du phénomène, et ne permet pas d'en saisir la cause [112]. »

De toute évidence, les géographes privilégient parmi les résultats de la statistique graphique les figurations combinées avec des cartes. Statisticiens puis géographes se sont efforcés de traduire cartographiquement certaines données numériques ; c'est pour Brunhes « un grand progrès du point de vue géographique [113] », tandis que de Martonne juge que les cartes constituent « le seul mode de représentation géographique [114] ».

108. *J. Brunhes, 1900, p. 67.*

109. Ibid.

110. Ibid.

111. Ibid., *p. 68.*

112. *E. de Martonne, 1903, p. 27.*

113. *J. Brunhes, 1900, p. 68.*

114. *E. de Martonne, 1903, p. 18.*

Cartogrammes et cartes teintées

Toutes les cartes statistiques n'emportent pas cependant l'adhésion des géographes. La question de leur exécution est essentielle.

Les réactions envers certains procédés de statistique graphique sont parfois vives : « en quel mépris, écrit Reclus en 1894, ne faut-il pas voir cette caricature de la géographie qui consiste à tracer des barres diversement coloriées à travers les continents ou même sur le flot mouvant des mers [115] ? » Les cartogrammes ou cartodiagrammes, que Reclus vise ici, introduisent en effet une référence topographique, mais celle-ci n'est qu'une « espèce de déguisement géographique » selon une expression de Brunhes. « La carte, pour certains statisticiens, n'est qu'un cartogramme ou qu'une occasion de cartogramme : au lieu d'adapter les représentations graphiques statistiques à la réalité figurée sur les cartes, on superpose les premières à la seconde sans rechercher une mise au point logique ; et c'est ainsi que des rectangles ou des cercles, au lieu de se grouper les uns à côté des autres sur une feuille indépendante, se trouvent portés et dispersés sur une carte géographique. De telles représentations paraissent acquérir ainsi un caractère plus géographique ; en réalité, c'est une illusion [116]. »

L'association de la carte et du diagramme livre au lecteur de fausses localisations : certaines figures proportionnelles sont ainsi dessinées dans le cadre des États, sans correspondre à la zone où se produit le phénomène. Brunhes cite entre autres exemples une carte de l'*Atlas graphique et statistique de la*

115. *É. Reclus, 1894, p. 4.*

116. *J. Brunhes, 1900, p. 68.*

Suisse (1897) où le rectangle proportionnel aux blés importés de Russie « s'étale en pleine Sibérie septentrionale [117]. » Or pour les géographes, la règle primordiale, donnant aux cartes leur sens et leur utilité, c'est la représentation des phénomènes terrestres là où précisément ils se produisent : « le seul mot de carte doit immédiatement impliquer localisation géographique des faits ; et, si l'on use de cartes, est-ce trop demander que d'exiger qu'il ne soit pas dérogé aux principes essentiels de toute cartographie rationnelle ? [118] »

117. *J. Brunhes, 1900, p. 69.*

118. Ibid.

La question de la composition du fonds de carte se pose de manière connexe. La localisation précise des faits, le « où ? » du géographe, doit s'accompagner de la localisation d'autres phénomènes susceptibles d'influencer les premiers, pour répondre au « pourquoi ? ». Emmanuel de Martonne, dans le cas des cartes de répartition de la population, considère que cette exigence suffit pour disqualifier toute carte statistique où seules les limites administratives sont inscrites. Ces « cartogrammes » (dans l'acception de l'auteur) sont « contraires à l'esprit de la méthode géographique [119]. » Ainsi, « on doit demander à toute carte démographique de représenter les cours d'eau, les principales voies de communication, les chemins de fer et les canaux, de donner une idée du relief soit par des courbes de niveau, soit tout au moins par de nombreuses cotes. Enfin on doit exiger la représentation des villes par des signes et une écriture en rapport avec leur importance [120]. » Le rejet d'une représentation « désincarnée » des phénomènes quantitatifs, d'une dissociation des faits de géographie humaine et des phénomènes voisins, reflète assez largement la pensée des géographes vidaliens. Le maître lui-même, en 1903, démontre « quel genre de secours les statistiques sont en état d'apporter à la géographie [121] », puis ajoute : « mais c'est dans la réalité vivante qu'il faut projeter leurs explications. Leurs données ne prennent valeur géographique qu'autant qu'on peut les localiser exactement sur la carte ; c'est-à-dire non d'après les divisions administratives, mais assouplies aux diverses conditions naturelles auxquelles elles s'adaptent. Les progrès de la cartographie et ceux de la statistique se montrent par là solidaires [122]. »

119. *E. de Martonne, 1903, p. 21.*

120. Ibid., *p. 21-22.*

121. *P. Vidal de la Blache, 1903, p. 233.*

122. Ibid., *p. 233-234.*

Les cartes par divisions administratives constituent assurément le sujet principal de préoccupation. Rejeter les cartogrammes est une chose, mais que dire des cartes teintées ? Il s'agit, notamment en matière de démographie, de l'un des principaux matériaux fournis par la statistique, et les géographes ne se privent pas d'en faire usage, d'où leur appréciation nuancée. En premier lieu, l'attitude à l'égard de cette méthode reflète la position affirmée vis-à-vis des chiffres : bien évidemment, tant valent les statistiques, tant valent leurs représentations graphiques. Aussi, les défauts des données numériques évoqués plus haut se retrouvent dans les figurations. Une teinte exprime tout d'abord l'intensité d'un fait administratif ou enregistré dans un cadre administratif. Dès lors, son utilité est fondamentalement douteuse pour le géographe. Par ailleurs, les valeurs numériques représentées (densités, productions agricoles...) correspondent à des moyennes sur l'unité administrative ; or, la notion de moyenne rencontre certaines réserves, nous l'avons vu. Rappelons enfin que dans le cas particulier des densités moyennes, les

teintes par circonscription masquent « la situation réelle des groupes humains [123] ». Par suite, comment en saisir les causes ?

123. *E. de Martonne, 1903, p. 23.*

Les cartes teintées ne se trouvent pas cependant totalement rejetées. Le procédé peut parfois donner de moins mauvais résultats. À petite échelle, par exemple, la disparition de certains contrastes apparaît moins grave. Par ailleurs, l'imperfection du procédé s'atténue dans la mesure où la dimension des aires administratives est plus uniforme (en France par exemple). Enfin et surtout, on peut se rapprocher de la réalité en choisissant les divisions administratives les plus petites. Le principe, valable pour les données numériques, l'est tout autant pour les représentations cartographiques. Toutefois, en cartographie, il importe de ne pas prendre des districts trop petits, sous peine d'arriver à une image confuse et indistincte, ce que pensait l'allemand Behm, et après lui de Martonne. En ce qui concerne les résultats numériques, nous avions évoqué la position de Maurette et de Vidal de la Blache, retenant qui la commune, qui le canton. Emmanuel de Martonne module sa réponse en matière de cartographie : pour éviter un morcellement excessif, la division administrative s'entend comme « la plus petite possible étant donné l'échelle de la carte [124]. »

124. Ibid., *p. 25.*

Qu'une issue satisfaisante soit ou non trouvée à ce problème, bien d'autres inconvénients ne sont pas gommés pour autant. Ainsi, « pour qui dresse une carte de la densité, les villes sont des individualités encombrantes [125] », remarque Auerbach dans les *Annales de Géographie*. Les agglomérations urbaines font enfler la densité de population des unités administratives où elles se rencontrent. Une teinte unique, sur la carte, traduit l'amalgame entre citadins et ruraux. À cette difficulté, une solution radicale : « communément les géographes se tirent de peine en évinçant les villes [126] ». Pour Auerbach comme pour de Martonne, c'est un procédé paradoxal, et guère légitime. D'ailleurs, pour ôter la population urbaine des calculs, il faudrait que la définition de la ville soit bien établie, ce qui n'est pas le cas à la fin du XIXe siècle. La statistique peut bien trancher sur ce point, « imperturbablement et mathématiquement », ironise Auerbach, mais le géographe ne saurait se satisfaire d'une définition quantitative de la ville : c'est la qualité, plus que la quantité d'habitants, qui révèle le caractère urbain [127].

125. *B. Auerbach, 1896, p. 480.*

126. Ibid.

127. Ibid.

Ne faut-il pas aussi mettre à part les surfaces incultes, landes, forêts, marécages... ? Plusieurs géographes allemands, recensés par Auerbach et de Martonne, appliquent cette méthode, pour éviter d'englober en une teinte « les lieux réellement peuplés et ceux où l'homme ne s'établit pas [128] ». Mais une fois encore, il est bien difficile de retenir une règle absolue. Cette désintégration a ses adversaires et ses partisans. Un espace non peuplé peut exercer une influence sur le peuplement. Peut-on exclure un territoire, même inutilisable ? Auerbach avoue son embarras : « il semble juste d'éliminer des calculs de superficie et de la figuration les surfaces condamnées au vide, les déserts, les champs de glace et de neige. Déterminera-t-on le chiffre spécifique d'une commune alpestre, en comptant les kilomètres carrés de glaciers qui sont censés appartenir à son territoire ? Mais d'autre part ces surfaces

128. Ibid., *p. 479.*

inhabitables, inexploitables, exercent une action négative sur le peuplement, et si on les abstrait, on exagère sur la carte la densité d'une région[129]. »

129. Ibid., *p. 480.*

Pour être simple, la méthode de cartographie administrative des densités n'en est que plus difficile à améliorer. Toute tentative en ce sens soulève des problèmes théoriques complexes : définition de l'unité urbaine, de l'habitabilité... Pour de Martonne, les nécessaires retouches aux divisions administratives, si petites soient-elles, sont bien l'indice de leur caractère artificiel. Sans doute le géographe aurait-il avantage à s'en passer. Mais qu'y substituer ?

Carroyages et cartes isoplèthes

La réponse peut-elle être trouvée dans un autre procédé de représentation statistique ? Plusieurs auteurs allemands, à la fin du XIXe siècle, remplacent les aires administratives par des aires uniformes, géométriques. Leur choix est variable : carrés, trapèzes, hexagones. Le calcul des densités dans ce cadre exige cependant, outre un calcul planimétrique, la connaissance précise de la population de tous les lieux habités, ce qu'il paraît délicat d'obtenir des recensements. Mais, artifice pour artifice, le procédé ne résoud rien, et peut même apparaître aux géographes encore plus inacceptable. De Martonne signale qu'une division géométrique peut recouvrir deux aires violemment contrastées sur le plan de la densité, et ajoute : « l'aspect d'une carte du groupement de la population divisée en un damier régulier aura toujours quelque chose de choquant et d'antigéographique. Loin de représenter un perfectionnement dans un sens géographique, cette méthode paraît encore plus abstraite, plus éloignée de la vérité que la méthode des provinces administratives. Les limites politiques peuvent en effet quelquefois coïncider plus ou moins avec des limites naturelles, elles suivent souvent des fleuves ou des montagnes. Elles ne divisent jamais en deux parties une agglomération humaine importante, ce qui arrive constamment avec le système du canevas géométrique, et rend le problème des villes encore singulièrement plus difficile[130]. »

130. *E. de Martonne, 1903, p. 29.*

131. *Système qui, signalons-le, a opéré son retour dans la cartographie contemporaine, notamment par le biais de la cartomatique.*

Si les cartographes français ne paraissent pas avoir appliqué cet étonnant système de carroyage[131], ils ont eux aussi cherché à briser les divisions administratives traditionnelles, à travers le procédé des courbes isoplèthes. Du fait de la disparition concrète des limites artificielles, cette méthode exerce une étrange séduction sur les géographes. Ainsi Auerbach en appelle à Ravn pour démontrer la valeur géographique de la notion de densité : « la densité est indépendante des divisions politiques auxquelles elle semblait liée : le premier qui ait rendu cette vérité sensible, et en quelque sorte plastique, est le lieutenant de vaisseau danois Ravn[132]. » Les courbes isoplèthes, non seulement enjambent les divisions administratives mais, pour Auerbach, les oblitèrent. On peut également rappeler ici le franc succès obtenu par la carte de Turquan, *Répartition de la population française commune par commune*, parmi les géographes. Les réactions positives peuvent s'expliquer par la familiarité des géographes avec les isolignes. Outre l'usage cartographique ancien des isobathes et isohypses, la géographie physique s'est largement appuyée sur le

132. *B. Auerbach, 1896, p. 475.*

procédé des courbes d'égale valeur, notamment dans le domaine de la climatologie.
Mais cet engouement paraît bien irrationnel. Il s'appuie essentiellement sur un critère formel. Certes, les frontières des aires administratives disparaissent, mais ce sont bien des données statistiques par circonscription qui servent de base aux calculs. La différence est de taille, entre ce procédé et celui des courbes isométriques. Lorsque de Martonne, pourtant enthousiaste, approfondit la réflexion sur la méthode, il remarque tout d'abord que les variations brusques de densité sont exprimées, selon cette technique, par toute une série de courbes intermédiaires, ce qui laisse croire, à tort, à la progressivité du phénomène. Par ailleurs, pour des raisons de continuité dans le dessin des isolignes, celles-ci passent parfois par-dessus des crêtes montagneuses, ce qui apparaît aussi artificiel que le procédé de la carte choroplèthe. Enfin, on perd la précision des limites administratives, mais on conserve le défaut principal : des données reccueillies dans un cadre artificiel. Pour lui, la méthode est en résumé « une déformation de la méthode statistique[133]. »
Cette analyse des rapports entre géographes et cartographie statistique renvoie, on le constate, autant aux questions relatives à l'efficacité du code, qu'aux idiosyncrasies des géographes eux-mêmes. La mise en avant des défauts de la statistique est souvent légitime. On comprend la réticence des géographes face aux cartogrammes. Si l'on ne trouve pas de remarques directes sur l'œuvre de Minard, il est certain que les déformations que celui-ci fait subir à la référence topographique auraient probablement choqué. Il est cependant important de corriger cette idée d'une statistique maladroite et primaire. Bien entendu, les procédés statistiques ont leurs défauts. L'image n'est pas toujours efficace, mais était-ce bien toujours un critère de sa construction ? Le cartogramme peut être compris comme une forme de présentation des résultats, quasi-équivalente au tableau statistique, sans prétention de communication visuelle d'ensemble. Mais surtout, la plupart des progrès dans un sens plus géographique qui sont évoqués ont été d'abord le fait de statisticiens. Ainsi, le retrait des populations urbaines des calculs de densité (et leur représentation séparée) se trouve chez Bollain ; le principe de la division administrative minimale est envisagé précocement par Lalanne, de même que l'isoplèthe, méthode qu'appliquent Vauthier ou Turquan. La méthode dasymétrique de Harness visait également à se rapprocher de la réalité des répartitions. La seule invention du concept de densité est un considérable progrès.
Tout en puisant dans les concepts et méthodes statistiques, les géographes n'expriment jamais une satisfaction totale. Comment pourrait-il en être autrement, les instruments de la statistique ayant été élaborés à d'autres fins que les leurs ? La géographie garde la tentation du concret, et du code analogique. Peut-être cela exprime-t-il la nostalgie d'une époque où géographes et cartographes n'étaient qu'un, ou la surprise peinée face aux avatars d'un langage qui a largement échappé aux géographes. L'attrait que peut exercer sur eux la statistique graphique reste somme toute limité. Ce code abstrait,

133. *E. de Martonne, 1903, p. 37.*

le géographe l'accepte difficilement, de même qu'il se méfie de l'abstraction numérique. Son système du monde, en ce début du XXe siècle, demeure objectif. « Soyons des géographes, écrit ainsi Brunhes, c'est-à-dire restons bien sur la terre. Quittons les hauteurs embrumées de l'abstraction, et revenons-en toujours au domaine de l'activité réelle, de l'humanité et de la vie[134]. »

134. *J. Brunhes, 1900, p. 105.*

Les procédés géographiques originaux

La réticence manifestée devant les résultats de la statistique ne pousse pas seulement les géographes vidaliens à évoquer quelques améliorations dans le cadre des méthodes graphiques existantes. L'idée de faire intervenir la nature, plutôt que de s'en tenir aux divisions administratives artificielles, fonde une réflexion sur la mise au point d'autres types de cartes, proprement « géographiques ».

La méthode des aires naturelles

PREMIÈRE APPROCHE THÉORIQUE

C'est en 1871 qu'est pour la première fois évoquée une « méthode géographique » de cartographie quantitative. Il faut souligner que l'initiative en revient à un statisticien, le bavarois Georg von Mayr. Celui-ci adresse à la commission préparatoire du congrès de statistique de Saint-Petersbourg (section méthodologie de la statistique) un mémoire « sur l'emploi de la méthode géographique dans la statistique[135] ». Dans l'esprit de Mayr, il s'agit de donner une « détermination exacte des différences locales dans les phénomènes sociaux observés par la statistique[136]. » Or, selon lui, seule la méthode géographique pourrait atteindre ce but : « Voici brièvement en quoi elle consiste : dans tout problème concret de statistique, renoncer à l'emploi si commode des grandes divisions administratives, et rechercher par contre les limites géographiques particulières aux groupes naturels de faits concrets[137]. » Par addition des « petites divisions de l'espace[138] », les plus petites possibles indique Mayr, se forment « les régions naturelles dont les parties intégrantes sont unies par des rapports concrets[139]. » Une ambiguïté doit cependant être levée : dans l'esprit de Mayr, le lien concret qui unit les petites divisions de l'espace n'est pas un facteur naturel (relief, climat, géologie...), mais un facteur mathématique. On rassemble les divisions numériquement voisines, puis on calcule la grande moyenne de la « région » ainsi obtenue. Pour chaque phénomène statistique représenté, les limites « régionales » peuvent différer. « Chaque branche de la statistique a ainsi sa géographie spéciale[140] », conclut Mayr.

135. *G. von Mayr, 1872.*
136. *G. von Mayr, 1872, p. 53.*
137. Ibid.
138. Ibid.
139. Ibid.
140. Ibid.

Mayr doit répondre à certaines critiques, formulées par exemple par le statisticien hongrois Hunfalvy[141], mais sa méthode est assez bien accueillie au congrès de Saint-Petersbourg. Émile Levasseur, qui présente le rapport sur les cartogrammes, y voit une « méthode d'invention » qui, « si elle ne crée pas les éléments premiers de la statistique, (...) les dispose de manière à faire jaillir la lumière[142]. » Les congressistes recommandent d'ailleurs la méthode géographique dans leurs résolutions. Malgré son originalité, celle-ci n'a pas d'applications immédiates. Si l'on peut représenter un phénomène, selon la méthode des cartes teintées, dans le cadre de petites divisions de l'espace, à quoi bon leur substituer de plus vastes régions ? Le calcul d'une grande moyenne représente une perte de précision. Par ailleurs, si l'échelle des teintes est correctement choisie, un regroupement visuel des petites divisions peut s'effectuer spontanément, sans qu'il soit nécessaire de délimiter de nouvelles unités territoriales. Enfin, les parties intégrantes des « régions naturelles », statistiquement voisines pour tel phénomène, seront-elles contiguës ? Il est hautement improbable que l'on puisse former, à tout coup, des régions continues. Malgré son nom, il est clair que cette méthode est toute statistique. Elle repose sur des rapprochements numériques, et surtout, elle ne dispense pas des défauts des divisions administratives, car par petites unités spatiales, il faut entendre petites aires administratives.

C'est bien ainsi que la décrit Block en 1878, pour la première fois en France, dans son *Traité de statistique* : « M. Mayr est d'avis que les divisions administratives sont des coupures plus ou moins arbitraires, qu'elles peuvent être commodes pour les affaires ordinaires de l'administration, mais qu'elles ne séparent pas les populations par groupes naturels (...) M. Mayr voudrait donc que, pour la cartographie, on fît abstraction des grandes divisions administratives, qu'on décomposât le pays en petits territoires, par exemple, en cantons ; qu'on étudiât chaque canton comme une unité, et qu'on réunît ensuite ces petits territoires en groupes homogènes géographiques (juxtaposés), sans égard à la division du pays. Par exemple, ici on formerait un groupe de cantons où la moyenne des naissances est de *m*, à côté seraient les cantons où la moyenne est *n* ; pour avoir *m* ou *n*, on n'aurait eu à prendre la moyenne que sur de légères différences, tandis qu'en prenant la moyenne par département, l'amplitude des écarts est souvent bien grande[143]. » Mayr ne poursuit pas le raisonnement jusqu'à son terme, ne posant que l'arbitraire et l'artificialité des grandes divisions administratives. Il traduit, somme toute, à sa manière, le principe du choix de la division administrative minimale. Sa « région naturelle » est en fait statistiquement homogène. Cependant, le principe n'est pas sans intérêt : construire une nouvelle aire, puis refaire les calculs dans ce cadre. La voie semble toute tracée vers la méthode géographique dite « des aires naturelles ». Mayr lui-même, à la fin du siècle, infléchit sa méthode en ce sens : pourquoi ne pas fonder les grandes divisions sur la géographie-même du territoire considéré ? Au lieu de reconstituer de nouvelles aires statistiquement homogènes, il propose alors de les asseoir sur certains critères de géographie physique[144].

141. *Voir J. Hunfalvy, 1874, et la réponse dans G. von Mayr, 1874.*

142. *Congrès international de statistique,* Rapports et résolutions..., *1872, p. 30.*

143. *M. Block, 1878, p. 393.*

144. *G. von Mayr, 1895, p. 105, 109 et suiv.*

Les géographes français pouvaient-ils s'intéresser à une telle méthode ? Brunhes, qui en a connaissance par l'intermédiaire du traité de Block, la signale brièvement en 1910, en indiquant qu'elle permet d'évoluer vers plus de géographie. C'est en fait indirectement, à partir de certains travaux cartographiques allemands, que la pensée de Mayr aura une influence en France. Dans sa première formulation, la méthode de Mayr offre une autre ouverture vers la géographie, à condition d'admettre l'hypothèse que les régions statistiquement homogènes pour un fait social, et notamment le peuplement, correspondent à une homogénéité naturelle, toutes données physiques confondues. Dans ce cas, c'est par le biais des données statistiques que l'on pourrait envisager d'identifier les régions naturelles. Cette interprétation, qui est peut-être présente dans l'esprit de Mayr, ce que peuvent indiquer les expression de « limites géographiques », voire de « rapports concrets », trouvera par la suite un écho en France, dans l'œuvre de Maximilien Sorre (voir plus loin).

LES CARTES PAR LIMITES NATURELLES

Comparant cartes géographiques et cartes statistiques, Auerbach écrit que « de l'un à l'autre schème, il y a toute la distance de l'instantané au tableau de composition[145]. ». Dans le cas précis des cartes de densité, Auerbach oppose le statisticien qui « recense à une date fixe le nombre d'individus cantonnés par accident historique ou caprice administratif, dans une circonscription factice » et le géographe, qui « groupe les hommes en des cadres homogènes que la nature a tracés[146]. » La distinction est reprise en 1903 par de Martonne, qui pose que « toutes les méthodes par lesquelles on cherchera à représenter la densité de la population dans des aires naturelles seront plus particulièrement géographiques[147]. »

Le système des aires naturelles, s'il peut être conçu comme s'appliquant à l'ensemble des faits socio-économiques, est principalement développé pour exprimer la répartition de la population. Les principes en sont simples : abandon complet des aires politiques, et calculs dans le cadre d'aires « dont les limites sont des limites physiques : courbes hypsométriques, contours géologiques, ou autres[148]. » Les essais cartographiques inspirés par ces principes sont encore peu nombreux en 1903, lorsqu'écrit de Martonne, mais ils sont, remarque-t-il, uniquement dûs à des géographes. Ces tentatives sont inventoriées par Auerbach et de Martonne. En Allemagne, plusieurs auteurs construisent des cartes de densité par zones hypsométriques ou géologiques. En Italie, Marinelli calcule en 1893 la densité de population par bassins fluviaux. La division par zones climatiques apparaît dans plusieurs cartes du *Census* des États-Unis (1890). Ratzel lui-même propose dans l'*Anthropogéographie* une carte des densités suivant les régions pluviométriques. Aucun géographe français ne figure parmi les exemples cités. L'analyse de la production cartographique des géographes de l'école vidalienne montre en effet qu'avant 1900, les auteurs s'en tiennent à une cartographie dans le cadre administratif. Il est vrai que l'application de la méthode des aires naturelles est malaisée : les données numériques sont difficilement rassemblées. Les

145. *B. Auerbach, 1896, p. 475.*

146. Ibid.

147. *E. de Martonne, 1903, p. 12.*

148. Ibid., *p. 45.*

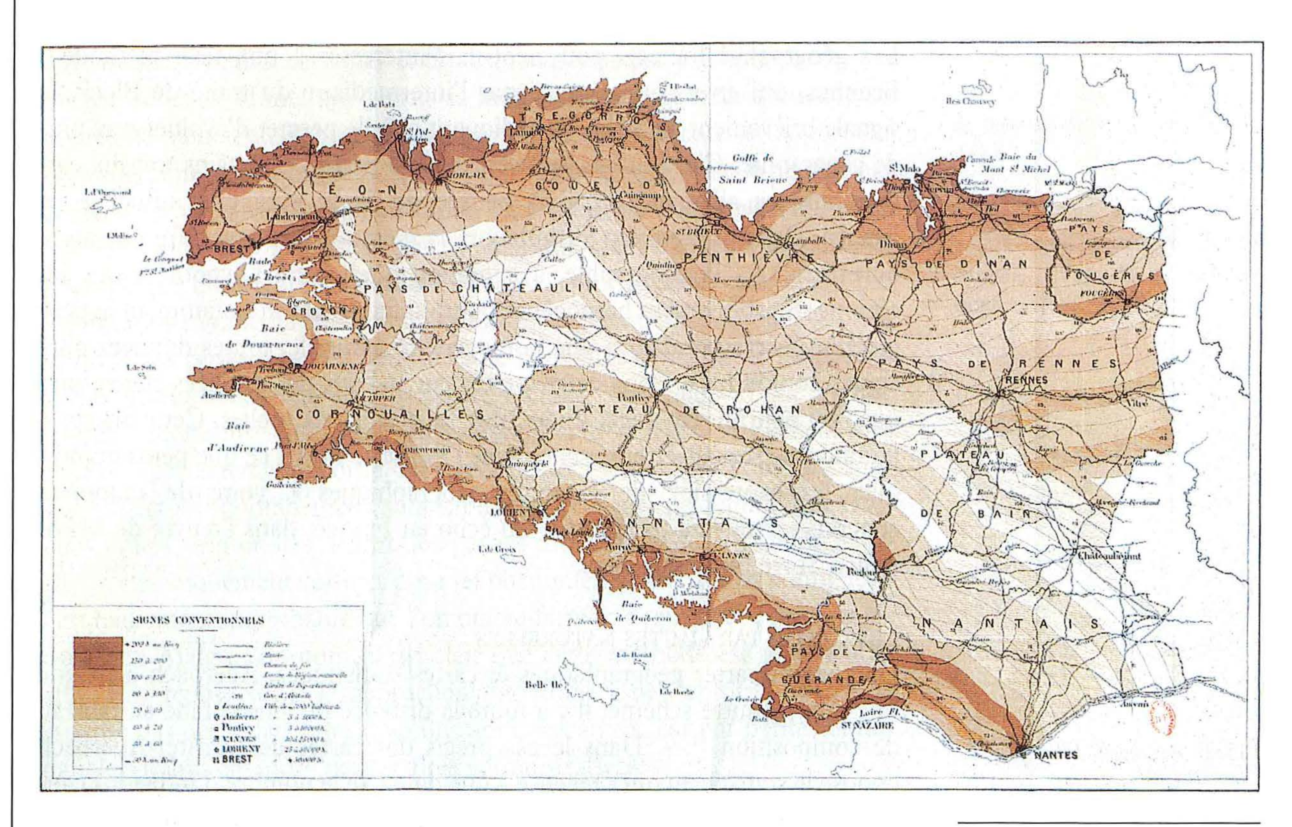


Fig. 77. É. Robert, *Densité de la population en Bretagne calculée par zones d'égal éloignement de la mer*, 1904. (Cliché : B.N., Service photographique.)

limites naturelles, hypsométriques par exemple, tranchent les aires administratives, même les plus petites. Pourtant, quels que soient les obstacles, et en dépit de la perte de précision, la méthode des aires naturelles est toujours présentée comme une sorte d'idéal vers lequel il faut tendre. Elle seule est géographique car, ainsi que l'indique de Martonne, elle permet, appliquée à la répartition de la population, d'en saisir la raison d'être : « on pourra représenter d'une manière plus conforme à la vérité les aires très peuplées et les régions de peuplement moins dense, on arrivera par suite à démêler les rapports du groupement de la population avec les conditions physiques et économiques[149]. »

Au début du XXe siècle, on trouve en France deux exemples d'application de cette méthode géographique. En 1904 tout d'abord, Élie Robert présente dans les *Annales de géographie* une carte de la densité de population en Bretagne « calculée par zone d'égal éloignement de la mer », dont l'idée première est empruntée à Emmanuel de Martonne. Élie Robert distingue 18 zones équidistantes à la côte, de 5 en 5 kilomètres, dont il mesure planimétriquement la surface. Dans les limites de chaque zone, il calcule la population communale cumulée. Lorsqu'une commune s'étend sur plusieurs zones, l'auteur répartit la population éparse selon le nombre de feux existant dans chaque zone, ce qui se lit sur la carte d'État-Major. Ainsi, Robert cite l'exemple de Plougoumelen, commune de 1976 habitants, dont 208 au chef-lieu et 1768 non-agglomérés. La carte d'État-Major faisant apparaître 217 habitations isolées, Élie Robert calcule le chiffre moyen de 8,14 habitants par

149. Ibid., *p. 12.*

maison, et il retient ce chiffre comme multiplicateur pour le nombre de maisons dans chaque zone d'égal éloignement de la mer[150]. La population totale de chaque zone étant ainsi estimée, on en déduit la densité, qui est figurée par huit paliers de valeur (figure 77).

Cette technique paraît avoir séduit Vidal de la Blache, puisqu'il la préconise en 1904, lors du huitième congrès international de géographie, à Washington. Il suggère alors de construire une carte de la répartition de la population, par zone d'égal éloignement de la mer, dans les régions méditerranéennes[151]. Mais deux ans plus tard, Vidal réalise une carte selon la méthode géographique, à partir d'un autre critère physique, pour illustrer une étude sur la population indienne. Cet essai est intéressant, dans la mesure où il peut être comparé aux résultats obtenus en 1877 par Vidal, dans un article sur le même thème. Cette année-là, Vidal utilise les données du *Memorandum of the Census of British India of 1871-1872*, c'est-à-dire les densités par districts, unités administratives quelque peu supérieures aux départements. Il réalise une carte teintée selon neuf paliers de valeur, dans les limites de ces districts, en mettant cependant à part quelques espaces non peuplés : « nous avons substitué, dans la recherche des proportions, le kilomètre au mille anglais, en tenant compte, autant que possible, de la distribution des habitants à l'intérieur même des districts[152]. »

Près de trente ans plus tard, Vidal rappelle ce premier essai cartographique, dont il présente une version simplifiée (figure 78). Mais il choisit en 1906 de représenter la population suivant vingt divisions, ou « régions naturelles ». Il s'agit en fait de divisions fondées sur la pluviométrie. Les délimitations ne résultent pas d'une analyse personnelle : Vidal les emprunte aux résultats de la statistique anglaise ; elles sont déterminées par le service météorologique indien. Le résultat obtenu, *Densité de la population de l'Inde en 1901* (figure 79) comparé à la carte de 1877, malgré l'écart des dates, paraît beaucoup plus éloquent à Vidal. Impossible de nier qu'en Inde, « la densité de la population réponde à l'appel des pluies[153]. »

De telles recherches éclairent l'influence qu'exerce sur le peuplement *une* circonstance physique. Instructives, elles restent de toute évidence limitées. Pour Auerbach, « les conditions et les lois du peuplement sont trop solidaires les unes des autres pour se laisser aisément isoler ou décomposer. Elles veulent être embrassées dans leur ensemble[154]. » De Martonne souligne le même danger d'interprétation, car « en aucun cas on ne peut considérer un seul fait physique comme étant la cause déterminante de tous les contrastes du peuplement, et on ne peut admettre que la densité soit uniforme dans une aire naturelle, si son extension n'est déterminée que par la considération d'un seul fait physique : relief du sol, ou géologie, ou pluviosité[155]. » Bien qu'il applique ce système des aires naturelles, Vidal de la Blache relativise d'ailleurs la seule influence pluviométrique : « d'autres causes doivent entrer en jeu, dont nous aurons à tenir compte[156] ». Parmi celles-ci interviennent les facteurs hypsométriques, la végétation, ainsi que « le coefficient d'un facteur historique[157] ».

La méthode des aires naturelles serait-elle une impasse ? Somme toute, pour de Martonne, les essais cartographiques qu'elle inspire se montrent « aussi

150. *É. Robert, 1904, p. 297.*

151. *P. Vidal de la Blache, 1904a, p. 676-677.*

152. *P. Vidal de la Blache, 1877, p. 7.*

153. *P. Vidal de la Blache, 1906, p. 362.*

154. *B. Auerbach, 1896, p. 477-478.*

155. *E. de Martonne, 1903, p. 45-46.*

156. *P. Vidal de la Blache, 1906, p. 369.*

157. Ibid.

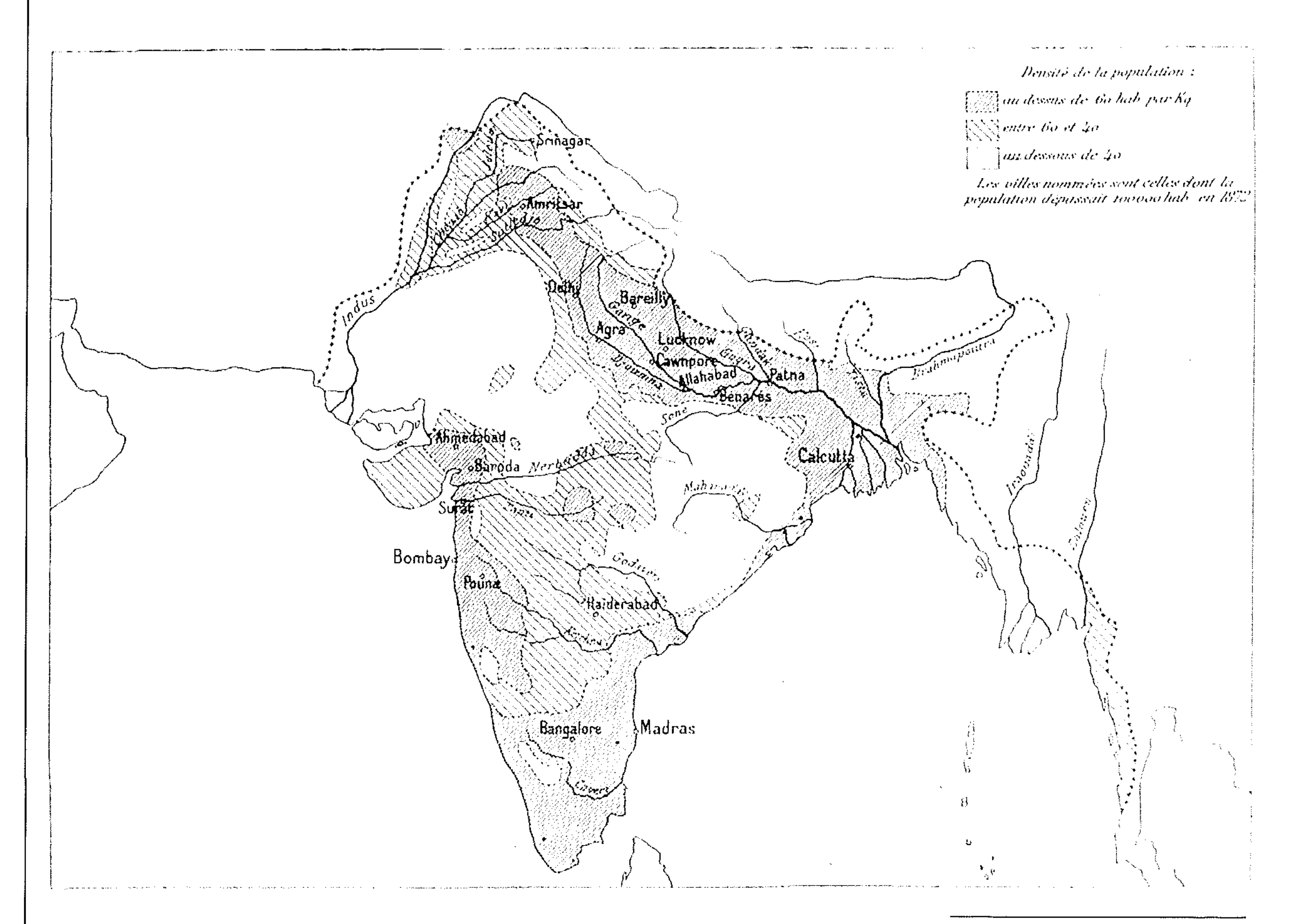


Fig. 78. P. Vidal de la Blache, *Densité de la population de l'Inde en 1872 (d'après les districts)*, 1906. (la première version de cette carte date de 1877.) Cliché : B.N., Service photographique.

peu satisfaisants que ceux qui procèdent de la méthode des aires artificiellement délimitées[158]. ». Il constate que la plupart des auteurs, conscients du danger déterministe, multiplient les artifices au point que la méthode de départ est parfois complètement abandonnée.L'influence du relief, par exemple, n'apparaîtrait considérable qu'en montagne. Les Allemands Neumann ou Fritzsche ne suivent le système des aires hypsométriques qu'en région montagneuse. Mais les oppositions de versants montagneux demandent une nouvelle division des massifs étudiés. Enfin les versants eux-même n'ont pas partout, pour une même zone hypsométrique, les mêmes caractères. « Les cartes elles-mêmes ne peuvent mettre ces faits en évidence[159] », si bien que les auteurs sont tenus de multiplier les commentaires. L'influence de la géologie est également bien difficile à analyser isolément. Au reste, C. Kaesemacher, auteur d'une carte de la densité par aires géologiques[160], fait lui-même remarquer que les établissements humains dépendent souvent davantage des contacts entre assises géologiques différentes que des couches elles-mêmes. L'analyse d'autres influences, comme la pluviosité, n'est guère plus satisfaisante. Toujours, d'autres facteurs explicatifs seront à considérer.

Les géographes français ne semblent pas conscients d'un autre défaut de la méthode des aires naturelles ; en choisissant un critère physique pour déli-

158. *E. de Martonne, 1903, p. 54.*

159. Ibid., *p. 49.*

160. *C. Kaesemacher, 1892, carte h.-t., opp. p. 226.*

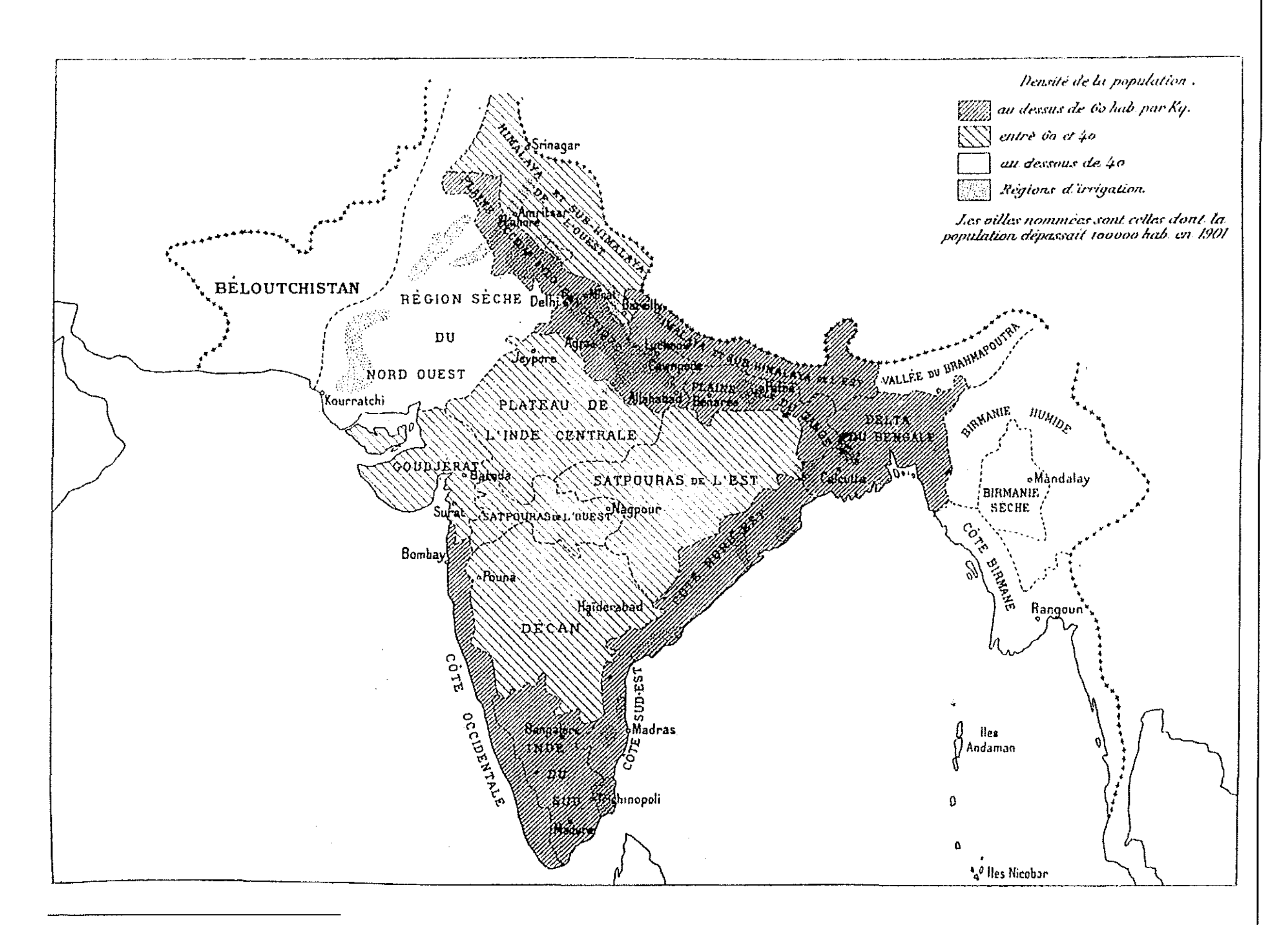


Fig. 79. P. Vidal de la Blache, *Densité de la population de l'Inde en 1901 (d'après les régions naturelles)* 1906. (Cliché : B.N., Service photographique.)

miter des aires, la démonstration de son influence est en quelque sorte prédéterminée. Cette cartographie n'est pas expérimentale. Elle ne révèle rien qui ne soit posé au départ. Mais l'idéal géographique se dessine clairement : il faut substituer aux investigations incomplètes, car trop exclusives, une « méthode compréhensive [161] ».

161. *B. Auerbach, 1896, p. 478.*

Vers une cartographie régionale

UN IDÉAL CARTOGRAPHIQUE ?

Au terme de l'évolution vers une méthode géographique de cartographie quantitative, les géographes vidaliens se devaient de remplacer les divisions en aires artificielles ou aires naturelles par la division en régions naturelles, la région constituant le concept-clé de l'école de géographie française. L'hypothèse est émise par Brunhes en 1900, toujours sur ce thème du peuplement : « il n'en reste pas moins vrai qu'une véritable carte géographique de la densité de la population devrait reposer sur des moyennes qui porteraient elles-même sur des régions naturelles assez homogènes, sur de vraies unités géographiques [162]. » Cette idée transparaît en fait dans des travaux antérieurs, même si elle ne se matérialise pas cartographiquement. L'Allemand Neumann étudie en 1893 la population du grand-duché de Bade selon les pays,

162. *J. Brunhes, 1900, p. 72.*

où se fondent relief et structure géologique. Sa cartographie est partielle, puisqu'elle repose sur la seule hypsométrie, mais il examine les influences conjuguées « de la configuration orographique et hydrographique, de l'altitude, du climat, de la constitution et de l'exploitation de sol », et considère encore « les grandes voies de communication et le développement moderne de la grande industrie[163]. »

De Martonne, dans son examen des procédés de représentation du peuplement, préconise à plusieurs reprises la méthode des régions naturelles. Elle paraît être la solution logique aux difficultés posées par le système des aires naturelles. Les auteurs ayant choisi un premier critère de division de l'espace, font intervenir de nouveaux facteurs : ainsi après avoir considéré les zones hypsométriques, ils différencient selon les versants, puis sont tenus de subdiviser ces versants … « C'est là en réalité un acheminement vers une division en régions naturelles[164] », juge de Martonne. « L'influence du sol » est un faisceau de circonstances. Plutôt que de retenir l'une d'elles, autant délimiter les terrains qui, pour être variés, offrent néanmoins « des conditions d'habitat uniformes[165] ». Au stade ultime de son enquête, de Martonne conclut ainsi : « Par l'examen des différents systèmes proposés, nous avons été amenés à reconnaître l'intérêt que présentent les cartes conçues sur le système des régions naturelles. Quelles que soient les modifications ingénieuses qu'on lui a fait subir, le système des aires conventionnelles ne convient pas au géographe. Le système des courbes ne donne des résultats satisfaisants que pour les cartes à petite échelle. Le calcul de la densité de la population dans des aires naturelles offre de grandes difficultés, et peut être considéré comme un procédé d'investigation, non comme un moyen de montrer la répartition réelle de la population. L'idéal serait de calculer la densité de la population dans des aires naturelles, présentant d'un bout à l'autre à peu près les mêmes conditions physiques, mêmes caractères du relief du sol, mêmes caractères du climat, de la végétation, etc. De pareilles régions sont ce qu'on appelle des régions naturelles[166]. »

Vers 1900, il n'existe encore aucun exemple français de carte statistique par régions naturelles. Seuls quelques auteurs allemands ont tenté d'établir des cartes à grande échelle, divisées en aires présentant les mêmes conditions de peuplement[167], mais ces aires sont très émiettées, serrant de très près les variations topographiques. Le système souhaité par de Martonne paraît un juste milieu, entre les cartes par grandes divisions administratives et des images qui ne seraient que des versions schématisées de la carte topographique. Cette région naturelle, aire de toutes les coïncidences, existe-t-elle réellement, ou bien est-elle purement spéculative ? L'analyse approfondie de cette notion centrale de la géographie vidalienne ne peut être entreprise ici, mais il importe de souligner les difficultés que pouvait rencontrer une cartographie régionale des densités.

L'idée d'unité géographique homogène est relative. Elle pose un problème d'échelle : « Plus étendue est la zone qu'on considère, plus étendues seront aussi les régions naturelles qui constitueront par rapport à l'ensemble les unités géographiques[168]. » Brunhes indique à titre d'exemple que si l'on consi-

163. *La carte figure dans L. Neumann, 1893, h.-t., opp. p. 188. Les remarques citées sont extraites d'Auerbach, 1896, p. 479.*

164. *E. de Martonne, 1903, p. 49.*

165. Ibid., *p. 53.*

166. Ibid., *p. 61.*

167. *Voir par exemple H. Sprecher von Bernegg, 1887.*

168. *J. Brunhes, 1900, p. 72.*

dère tout le territoire français, le Massif Central peut apparaître comme une région naturelle, mais que si l'on envisage le seul Cantal, la Planèze est une petite région naturelle[169]. À travers cette question de l'échelle, on mesure évidemment toute l'étendue d'un problème de géographie générale : la notion d'homogénéité elle-même est relative ; dès lors, sur quels critères, en fonction de l'échelle retenue, fonder le découpage ? Par ailleurs, la première application cartographique de la méthode, celle de de Martonne pour la Valachie, est révélatrice : elle est loin de s'appliquer avec la même aisance à tous les espaces terrestres rencontrés. À ce stade quasi « écologique » de la géographie de la population, « le rôle du milieu physique sur l'homme constitue la toile de fond de la plupart des analyses[170] ». Or, ce rôle du milieu apparaît aux géographes avec plus ou moins de netteté. Ainsi de Martonne exerce la méthode des régions naturelles en Valachie, « pas seulement parce que cette méthode nous paraît en général préférable à toute autre, [mais] aussi parce qu'elle nous semble convenir spécialement au pays étudié[171]. » Nous aurions donc ici un procédé cartographique contingent, plutôt que *la* méthode géographique de cartographie quantitative : « ce que le géographe cherche surtout à mettre en lumière dans ses recherches démographiques, c'est le rapport de l'homme avec le sol, avec les conditions physiques ; la méthode des régions naturelles est la plus géographique, précisément parce qu'elle est la plus susceptible de révéler ces rapports. Or il est évident que nulle part ces rapports ne seront plus faciles à saisir, nulle part la méthode qui tend à les révéler ne sera appliquée avec plus de fruit, que dans une région agricole, encore assez primitive, restée un peu en dehors du grand mouvement industriel et commercial de l'Europe occidentale[172]. » Déjà en 1887, Sprecher von Bernegg s'était attaché à la population spécifique « *bodenständig* », c'est-à-dire dépendante du sol : il éliminait les villes de plus de 5 000 habitants, et pour éviter de prendre en compte des influences susceptibles de masquer les rapports directs de l'homme avec le sol, il avait placé son étude de la population rhénane vers 1820, avant le développement des chemins de fer et de la grande industrie. Le choix de la Valachie, chez de Martonne, traduit bien la spécificité et les limites de la méthode des régions naturelles. Elle peut se justifier théoriquement : le géographe ne s'attacherait qu'aux facteurs autochtones de densité, aux populations intimement liées au milieu. Mais en fait, ne faut-il pas voir dans cette évaluation restrictive des facteurs du peuplement une impuissance à prendre en compte les transformations économiques du siècle de l'industrie ? Industries et communications paraissent, au même titre que les villes, des « individualités encombrantes ». Dans le contexte de la géographie humaine du début du XXe siècle, certaines causes de peuplement sont considérées comme des facteurs étrangers, et généralement écartées. Ainsi la cartographie par régions naturelles se propose d'entrée comme une méthode qui ignore de puissants éléments de densité, de même que « le coefficient d'un facteur historique » qu'évoquait Vidal de la Blache.

169. Ibid.

170. *D. Noin,* Géographie de la population, *Paris, 1988, p. 14.*

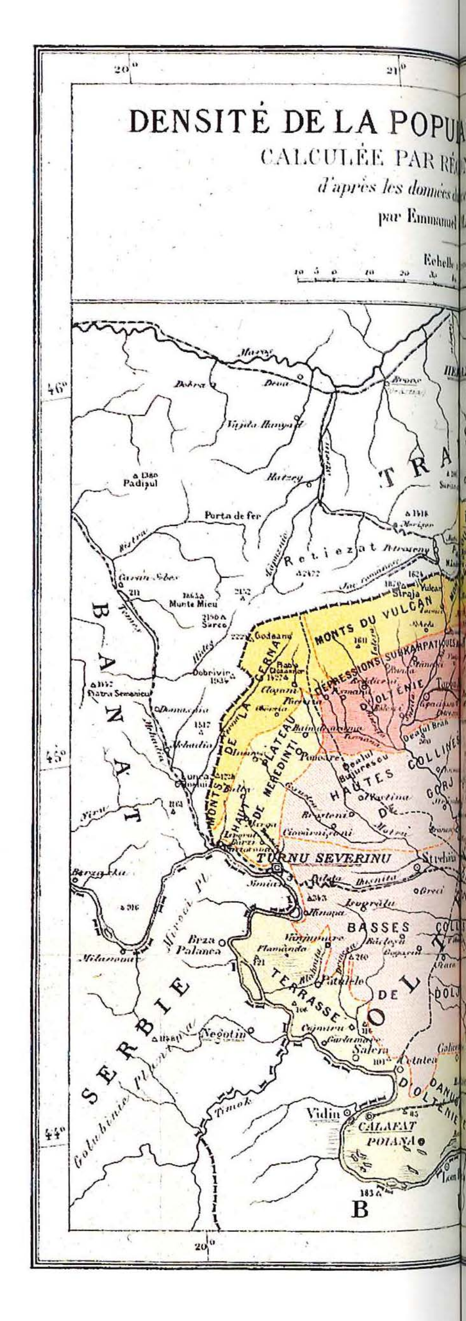
171. *E. de Martonne, 1903, p. 63.*

172. Ibid.

L'APPLICATION À LA VALACHIE

En Valachie, de Martonne l'indique, la cartographie administrative aurait été de toutes façons inapplicable, en l'absence de connaissances précises sur les limites et superficies des aires administratives roumaines. Le fondement même du travail est donc la division en régions naturelles. Pour ce faire, de Martonne s'inspire de principes développés par Auerbach, Gallois et Vidal de la Blache. Selon les géographes vidaliens, il est possible, pour la France, de retenir l'idée d'une certaine correspondance entre les régions naturelles et les anciens *pagi* gallo-romains. Par ailleurs, la trace des régions naturelles peut être recherchée dans la toponymie, les noms spéciaux donnés localement à certaines divisions provinciales : ces appellations populaires, estime-t-on, s'appliquent à des régions homogènes. Mais de Martonne décrit la Valachie comme un pays aux contrastes grandioses, et somme toute monotone dans ses aspects de détail. Par ailleurs, l'occupation est localement récente. En fait, les « noms de pays » sont rares (ils s'appliquent surtout à certaines zones répulsives) ou bien trop vagues. De Martonne crée alors lui-même ces noms de régions, après avoir divisé la Valachie selon des critères de géographie physique : « ce sont les caractères du relief du sol, de la géologie, de l'hydrographie et de la végétation qui nous ont guidés [173]. »

La carte, *Densité de la population en Valachie calculée par régions naturelles* (figure 80) [174], repose sur des calculs planimétriques de la surface des régions naturelles, à partir des cartes au 1/200 000 de l'institut militaire géographique de l'armée roumaine et, pour partie, de la carte générale d'Europe centrale au 1/300 000 de l'institut militaire de Vienne. Pour la population, de Martonne exploite les résultats du recensement roumain de 1899. Il totalise pour chaque région les données par communes. Lorsqu'une commune s'étend sur deux régions naturelles, soit il attribue sa population à la région ou se trouve le centre administratif de la commune, soit il retouche légèrement les limites des régions. Les villes ne sont que partiellement englobées dans les calculs : de Martonne conserve une partie de leur population, en rapport avec la surface qu'elles occupent et la densité moyenne de la population dans leurs environs. Pour l'exécution, de Martonne détermine douze paliers de valeur. Il retient le procédé de Turquan : une double gamme de couleurs, les tons d'intensité croissante à partir de la valeur moyenne (ici 40 habitants/km²). Ainsi les couleurs vives correspondent aux plus fortes et plus faibles densités, et les teintes pâles aux densités proches de la moyenne. Outre le fait que le système est « le plus propre à mettre en lumière les grandes contrastes, et à marquer la continuité des variations du phénomène [175] », il paraît logique à de Martonne de retenir un procédé couramment utilisé pour les cartes hypsométriques. Une échelle de tons continue, procédé théoriquement préférable et recommandé par Ratzel, est techniquement impossible pour un grand nombre de paliers. Par ailleurs, la carte reproduit plusieurs phénomènes ayant une influence sur le groupement de la population : réseau hydrographique, voies ferrées... Les villes et localités, déjà partiellement intégrées dans les calculs de densité, sont en outre représentées par des signes en rapport avec leur taille. Enfin, de Martonne



173. Ibid., *p. 83.*

174. *E. de Martonne, 1903, carte h.-t. Une version à échelle réduite (1/2 500 000) est présentée dans E. de Martonne, 1902.*

175. *E. de Martonne, 1903, p. 20-21.*

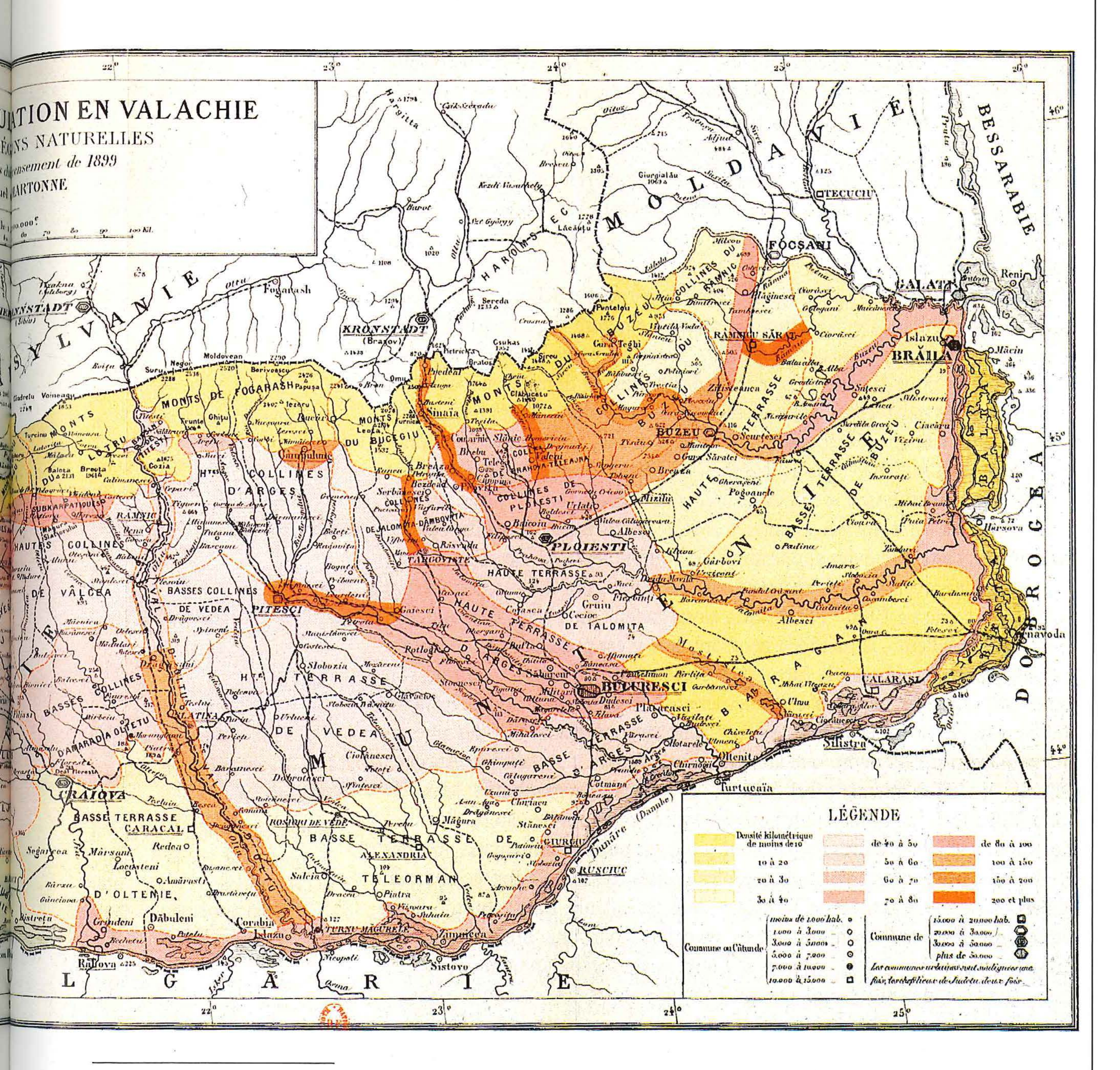


Fig. 80. E. de Martonne, *Densité de la population en Valachie calculée par régions naturelles*, 1903. (Cliché : B.N., Service photographique.)

construit une seconde carte, complémentaire de la carte principale : *Mode de groupement de la population en Valachie exprimé par la population moyenne du canton dans chaque région naturelle.* Construite en sept paliers de valeur, elle exprime le nombre d'habitants se regroupant dans chaque *cătun*, ou hameau.

DES DÉVELOPPEMENTS LIMITÉS

Les recherches d'Emmanuel de Martonne, comme d'ailleurs l'ensemble des études sur les perfectionnements géographiques de la cartographie quantitative, n'ont qu'une faible incidence en France. Certes, de Martonne s'attire quelques compliments de principe, pour l'esprit géographique de sa

méthode. Ainsi, Max Sorre constate en 1906 : « malgré le nombre de travaux parus, en Allemagne surtout, on n'est pas arrivé à trouver une méthode de recherche et d'expression satisfaisante et suffisamment générale. Sans doute, de notables progrès ont été réalisés depuis quelques années : les cartes que M. de Martonne a établies pour la Valachie sont supérieures au point de vue géographique à toutes leurs devancières [176]. » Malgré tout, Sorre juge le procédé appliqué à la Valachie comme un nouveau perfectionnement, plutôt que comme un aboutissement.

On repère dans les études de géographie régionale du début du XX[e] siècle quelques applications de la méthode des régions naturelles. Levainville pour le Morvan, Chantriot pour la Champagne, de Felice pour la Basse Normandie et Cholley pour la Vôge, présentent des cartes de densité qui semblent être construites par régions naturelles [177]. À dire vrai, les auteurs ne fournissent pas d'indications précises sur la technique qu'ils utilisent, et il est difficile d'estimer l'influence des recherches de de Martonne. Seul Chantriot spécifie avoir adopté une méthode analogue à celle appliquée pour la Valachie [178], mais sa carte, divisée en aires très restreintes, paraît démentir ce propos. En fait, cette rareté des applications est compréhensible. En premier lieu, la géographie s'occupe toujours assez peu de la répartition de la population. Sorre le souligne en 1906 [179], et du Bus, nous l'avons dit, l'observe à nouveau en 1931. Par ailleurs, la méthode géographique n'est pas une méthode générale. Auerbach, examinant la cartographie allemande du peuplement, juge en 1896 que la technique, dans cette branche de la géographie, est précaire et individuelle [180]. Sorre évoque la « complexité déconcertante [181] » des phénomènes à exprimer, et pense que la méthode appliquée à la Valachie est, dans le détail, « d'un maniement fort délicat [182] » : « le tact géographique, le coefficient individuel de l'observateur pour tout dire, joue un rôle capital [183] ».

Les investigations à entreprendre sont longues, nécessairement empiriques et approximatives : recherche et tracé des limites naturelles, appréciation de la part de population urbaine à intégrer dans les calculs, redistribution de la population des aires administratives tranchées par une limite naturelle, mesures planimétriques... Même si l'imprécision géographique peut être considérée comme supérieure à la précision administrative, la somme de travail nécessaire pour obtenir un résultat acceptable est dissuasive. Ce qu'entreprend de Martonne dans le cadre d'une thèse complémentaire ne peut être facilement reproduit. Dès lors, comment s'étonner que la plupart des géographes se satisfassent d'une cartographie administrative, au reste de plus en plus précise ? Les exemples abondent dans la littérature géographique du début du XX[e] siècle, de cartes de densité par communes, cantons, arrondissements, districts... C'est avec une certaine naïveté que de Martonne remarque, en 1903 : « les défauts de la méthode administrative ont été dès longtemps reconnus. Il est curieux de constater cependant que c'est à cette méthode que semblent revenir les géographes [184]. » En Allemagne, plusieurs essais récents de cartes de densité reviennent « au vieux procédé », sans doute, pense de Martonne, « pour garder les avantages d'une méthode précise [185] ». Mais la question de la précision est accessoire. La méthode des aires

176. *M. Sorre, 1906, p. 106-107.*

177. *Voir J. Levainville, 1905, p. 261 ; E. Chantriot, 1905, carte h.-t.; R. de Felice, 1907, carte h.-t., opp. p. 516, A. Cholley, 1914.*

178. *E. Chantriot, 1905, p. 238.*

179. *M. Sorre, 1906, p. 105.*

180. *B. Auerbach, 1896, p. 479.*

181. *M. Sorre, 1906, p. 106.*

182. Ibid., *p. 241.*

183. Ibid.

184. *E. de Martonne, 1903, p. 26.*

185. Ibid.

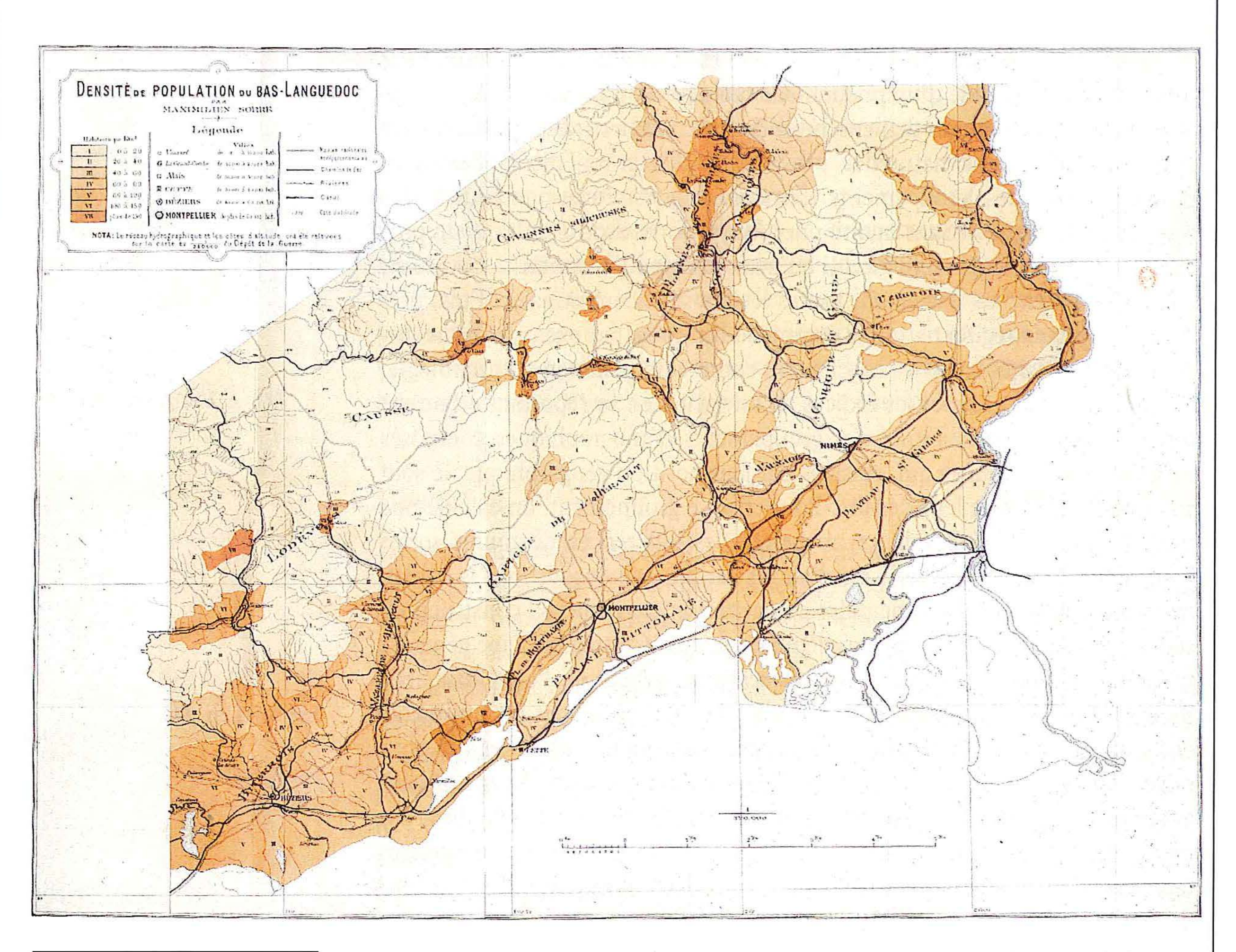


Fig. 81. M. Sorre, *Densité de population du Bas-Languedoc*. 1906. (Cliché : B.N., Service photographique.)

administratives s'impose par sa simplicité et son ubiquité, car outre une mise en œuvre aisée, elle permet d'exprimer l'ensemble des faits sociaux et économiques. La méthode géographique n'est conçue que pour traduire le peuplement, voire même une fraction de celui-ci, celle influencée par le sol.

Toutefois, il faut évoquer une dernière œuvre importante, la cartographie de la population du Bas-Languedoc par Maximilien Sorre. Elle témoigne de développements nouveaux à partir des travaux d'Emmanuel de Martonne, et surtout, de la « méthode géographique » de Mayr. En 1906, Sorre se pose à son tour le problème de la cartographie géographique du peuplement. Il écarte *a priori* le système des aires naturelles : il en connaît l'application par Robert, mais cela ne lui semble valable que pour mettre en relief des phénomènes très accentués. De la même manière, la méthode des régions naturelles employée par de Martonne n'est pas applicable en Bas-Languedoc : outre son maniement délicat, elle apparaît convenable pour la Valachie, « région agricole encore assez primitive [186] », mais le cas du Bas-Languedoc est bien différent : le peuplement y est ancien, et le développement économique et urbain supérieur. D'autre part, est-il bien habile de partir des phénomènes physiques pour étudier le peuplement ? Dans la méthode qu'il

186. *M. Sorre, 1906, p. 241.*

expose, Sorre opère un renversement complet de point de vue : « nous estimons que, dans l'étude d'un phénomène biologique, il faut partir de ce phénomène lui-même et non de l'ensemble de ses conditions. Il faut déterminer non pas des régions naturelles provoquant des groupements démographiques, mais des groupements démographiques correspondant à des régions naturelles[187]. » Sans mentionner Mayr, Sorre expose dès lors un procédé tout à fait comparable à celui qu'avait imaginé l'économiste bavarois : « Nous commençons par établir toutes les densités communales. Puis, prenant une grande région naturelle comme le Bitterois, par exemple, nous disposons ces densités en séries exactement comme on le fait en anthropologie, lorsque l'on veut grouper les indices. Il est facile, en se reportant à la carte topographique, de constituer des groupements démographiques composés de toutes les communes qui, voisines par leur position géographique, le sont aussi par le chiffre de leur densité. Pour chaque groupement, on calcule une densité moyenne. Cela fait, on recherche les différences de toutes sortes entre deux groupes voisins : en d'autres termes, on reconstitue la région naturelle qui, dans le commentaire de la carte et non dans sa construction, servira de support au groupement démographique. C'est le principe général : trouver des aires naturelles de *peuplement* en partant de l'aire artificielle minima[188]. » Sorre ne peut s'y tenir tout à fait. Pour pallier les inconvénients de la méthode, il lui faut admettre certains ajustements, par exemple pour régler le cas de communes qui se trouvent au cœur d'un groupement géographique, tout en ayant une densité nettement différente de celle du groupement. Par ailleurs, Sorre admet le fractionnement de territoires communaux empiétant de toute évidence sur deux aires naturelles.

Sorre réalise sa carte au 1/320 000 (figure 81) Il s'en tient aux principes de de Martonne quant au fond de carte et à l'échelle des valeurs. En 1907, dans les *Annales de géographie*, figure une version simplifiée de cette carte, au 1/875 000[189]. En 1913 Sorre reprend le procédé pour figurer les densités de population du Roussillon[190]. En 1919 encore, Gallois publie une carte de la population de la Sarre au 1/600 000[191], suivant la méthode de Sorre. Il s'astreint aux calculs complexes puis aux retouches nécessaires, et constate que l'établissement d'une telle carte ne peut être que « le résultat d'une série d'approximations[192]. » Avec le recul, de telles cartes peuvent apparaître comme superflues, comparées à des cartes établies sur la base des communes : pourquoi opérer un regroupement statistique là où un regroupement visuel spontané pourrait suffire ? Le calcul d'une grande moyenne, comme les ajustements nécessaires, uniformisent d'une manière trompeuse, voire gomment les situations exceptionnelles. Toutefois, on ne peut s'étonner de voir Sorre négliger les propriétés potentielles de l'image : comme les autres géographes, il lui importe avant tout de dissoudre l'aire administrative dans un « groupement géographique ».

Le procédé de Maximilien Sorre ne peut être considéré comme une simple adaptation de la méthode des régions naturelles. Il se débarrasse d'un présupposé déterministe, corrige l'hypothèse d'une correspondance entre cadre naturel et peuplement, que de Martonne tient pour acquise. La méthode de

187. Ibid.

188. Ibid., *p. 242.*

189. *M. Sorre, 1907, carte p. 419.*

190. *M. Sorre, 1913, carte p. 278.*

191. Bassin de la Sarre et régions environnantes. Répartition de la population, *dans L. Gallois et P. Vidal de la Blache, 1919, planche II.*

192. Ibid., *p. 43.*

Sorre est inductive, et sans doute faut-il rendre hommage ici à la subtilité de Mayr, qui le précéda dans la réflexion théorique. Certes, Sorre compte encore reconstituer la région naturelle par sa méthode, mais cette région ne sera pas déterminée arbitrairement. La carte devient le support d'une réflexion, d'une recherche dans laquelle, pourquoi pas, des facteurs non-physiques pourront éclairer les modes de groupement des populations : « En réalité, la construction d'une carte de densité doit-elle être envisagée comme le terme final d'une étude complète sur les caractères anthropogéographiques d'une région ? Nous ne le croyons pas. Elle constitue seulement une étape dans le progrès de nos connaissances. Elle permet de mettre en lumière les questions essentielles, et de préciser leur énoncé[193]. »

193. *M. Sorre, 1906, p. 387.*

L'autre voie

La réflexion des géographes ne s'oriente pas seulement vers cette construction selon des limites naturelles. En se rapportant à divers textes théoriques, on peut se demander si l'ultime perfectionnement en matière cartographique n'est pas, tout bonnement, le retour à la topographie. Nous avons déjà évoqué la primauté de la localisation, comme un principe sur lequel se fondaient les géographes pour déconsidérer les cartogrammes. Cette idée a d'autre implications : en géographie, les phénomènes économiques et démographiques tirent une grande partie de leur sens de leur situation ; leur caractère quantifiable est secondaire. Sur ce point, les auteurs français se réfèrent abondamment aux écrits de Ratzel. Celui-ci, dans l'*Anthropogéographie* puis un article plus tardif du *Geographische Zeitschrift*[194], « développe avec beaucoup d'éclat l'importance du *lieu*, de la *situation*, comme fait géographique stable et durable[195]. » L'emplacement des phénomènes est donc primordial. L'étude critique de la situation s'appuie d'abord sur la forme et les dimensions de l'aire d'extension du phénomène. Point de départ et point d'ancrage des analyses, la situation l'est en raison, apparaît-il, de sa stabilité. Brunhes rappelle l'exemple de Rome, choisi par Ratzel pour faire comprendre sa pensée : la situation de Rome est le point central de cercles de dimensions différentes (les périphéries, les empires). Ces cercles s'étendent ou reculent, mais leur centre subsiste. C'est ce dernier qu'il faut inscrire en sa mémoire, car contre des positions géographiques comme celles de Rome sont venues battre « les vagues de l'histoire », sans jamais les changer[196].

194. *F. Ratzel, 1900.*

195. *J. Brunhes, 1900, p. 81.*

196. Ibid.

La dignité cartographique ne peut donc être reconnue, en matière économique ou démographique, qu'à des représentations qui privilégient la situation. De vraies cartes économiques, Brunhes en évoque quelques-unes, toujours en soulignant le souci de localisation précise manifesté par les auteurs : si des teintes ou figures proportionnelles peuvent exprimer des quantités de production, la délimitation des régions de production figure toujours. Ainsi sur la carte de la culture du coton dans le monde de Lederlin et Gallois, ou de la production de la soie dans le monde, de V. Groffier[197]. « Voilà bien où se reconnaît et se manifeste la préoccupation géographique[198]. » Formes et emplacements reflètent la variété des phénomènes

197. *A. Lederlin, L. Gallois, « La culture du coton dans le monde »,* Annales de géographie, *7, 1898, planche VIII.*
V. Groffier, « La production de la soie dans le monde », Annales de géographie, *9, 1900, planche II.*

198. *J. Brunhes, 1900, p. 71.*

géographiques. Cette notion doit être, pense Brunhes, l'un des axes principaux de l'éducation géographique : la formation la plus utile donne « l'intelligence raisonnée de la variété des phénomènes terrestres[199]. » Cette idée renvoie à la nécessité première de la description géométrique, quand bien même le lien entre le phénomène économique et le milieu dans lequel il s'inscrit apparaît lointain : « insensiblement, nous sommes encore ramenés à cette considération, essentiellement géographique, de l'emplacement qu'occupent les faits économiques. Les êtres humains ne vivent pas au dessus du sol : tous les actes et toutes les conséquences de l'économie humaine s'impriment, pour ainsi dire, en caractères matériels et visibles sur la surface de la terre ; même alors que les faits économiques seraient aussi indépendants qu'on voudra l'imaginer des causes naturelles, ils entreraient dans les études géographiques par la place qu'ils recouvrent ; là où vous bâtissez une usine, vous empêchez l'herbe de pousser ; là où vous faites une route, vous réduisez la superficie des champs et des jardins. Tout fait économique, une grande ville industrielle, comme une grande foire annuelle, est intéressant pour le géographe par le « lieu », par le « site », où il est installé, où il se produit[200]. »
En ce qui concerne la cartographie du peuplement, il est également envisageable de s'attacher aux situations, aux seuls caractères matériels et visibles. C'est l'autre voie de la cartographie de la population, ainsi évoquée par Auerbach : « En dépit des combinaisons et des tours de main, l'imagination demeure inquiète devant une carte de la densité. Que lui révèlent, en effet, ces courbes et ces nuances dont l'œil a parfois peine à suivre les contours ? Des chiffres, des moyennes, des résultantes de moyennes, dont l'explication veut être cherchée dans un commentaire. Aussi quelques géographes, s'emparant du jugement de Ratzel que « les cartes du peuplement sont les cartes des lieux habités, ont abordé le problème sous un autre biais. Pour le simplifier, ils ont résolu de « jeter par-dessus bord » tout le système du coloriage avec courbes et hachures et de représenter, sur leur emplacement même, tous les lieux habités[201]. » Cette voie est explorée par plusieurs géographes allemands, à la fin du XIXe siècle, tels Gloy pour une carte du Schleswig-Holstein ou Buschick, élève de Ratzel, pour illustrer la distribution de la population en Saxe[202]. En France, la méthode de cartographie des lieux d'habitation est représentée dans quelques travaux du début du XXe siècle, comme la thèse de Demangeon sur la Picardie (figure 82), l'étude de Levainville sur Rouen, ou les ouvrages de Blanchard sur la densité dans le département du Nord et la plaine flamande[203].
Le procédé est fort peu concluant, et s'il apporte quelques progrès, résolvant par exemple le problème de l'expression des agglomérations urbaines, il aboutit à des représentations de lecture malaisée. Selon de Martonne, « on peut en tout cas reprocher à de pareilles cartes d'être bien peu significatives en ce qui touche la densité de population. Il est impossible de l'apprécier exactement d'après l'image qu'elles présentent, et on n'y arrive approximativement que par une étude minutieuse et difficile des signes employés[204] ». La carte dessinée par Demangeon peut aisément en convaincre même si de Martonne vise des cartes allemandes dans ses critiques. La confusion des signes est encore

199. Ibid., *p. 78.*

200. Ibid., *p. 80-81.*

201. *B. Auerbach, 1896, p. 481-482.*

202. *Voir A. Gloy, 1893, carte h.-t., opp. p. 372, et R. Buschick, 1895, carte h.-t., opp. p. 62.*

203. *Voir A. Demangeon, 1905, planche III, J. Levainville, 1913, p. 378, R. Blanchard, 1906 a, p. 13 et 1906 b, p. 490.*

204. *E. de Martonne, 1903, p. 56.*

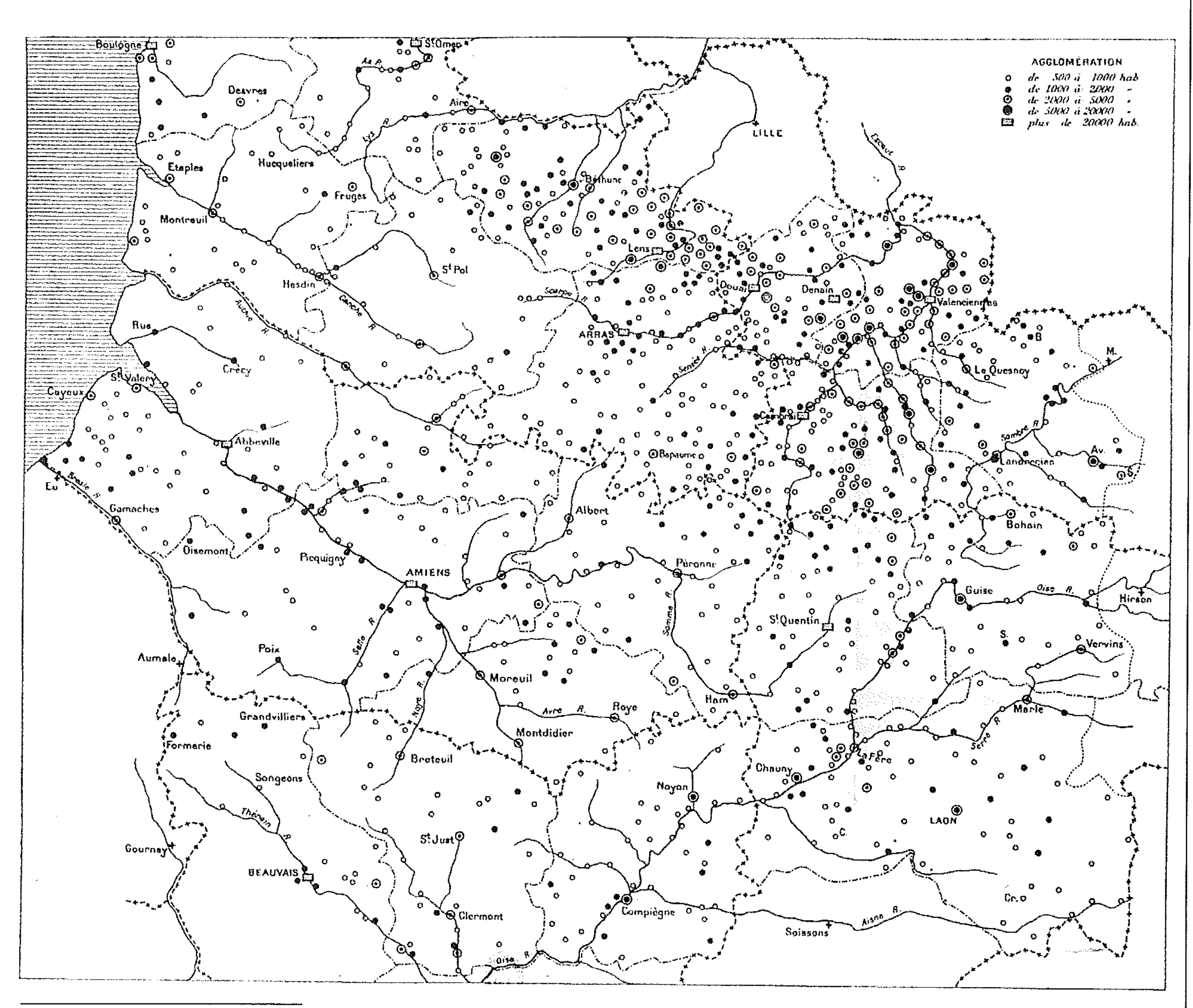


Fig. 82. A. Demangeon, *Carte de la répartition des agglomérations de plus de 500 habitants* (Picardie et régions voisines), 1905. (Cliché : B.N., Service photographique.)

plus grande si les auteurs représentent jusqu'aux habitations isolées (Gloy par exemple). Le plus souvent, les toponymes manquent et le fond de carte est pauvre, excepté à grande échelle. Mais qu'offrirait un fond de carte enrichi ? Rien d'autre, selon de Martonne, qu'une carte topographique schématisée. Or une vraie carte topographique serait préférable, car elle donnerait tous les noms, le relief, ainsi que « la forme et la position exacte de tous les centres habités[205] ». De Martonne ironise sur le fait que tant d'efforts déployés pour trouver le meilleur mode de représentation des groupements humains aboutissent à cela. L'autre voie conduit donc à la topographie. Plusieurs auteurs l'ont compris, notamment Behm en Allemagne : « la carte topographique est l'expression la plus exacte et la plus fidèle dans tous les détails de la répartition de la population[206]. » Sorre exprime la même idée en 1906 : « si l'on veut représenter sur une carte « tous les lieux habités suivant leur « population », ainsi que le désire Ratzel, il est tout à fait superflu de construire des cartes spéciales : la carte topographique demeure l'idéal[207]. »

205. Ibid., *p. 59.*

206. *Cité par E. de Martonne, 1903, p. 59.*

207. *M. Sorre, 1906, p. 238.*

Bien entendu, on ne peut tenir pour négligeables les efforts fournis par les géographes pour repenser les méthodes statistiques et l'expression des quantités économiques et démographiques, en fonction de nouvelles exigences. Mais, tentés par le concret et le visible, la plupart des auteurs ne font-ils pas de la carte générale la carte géographique par excellence ? Transparaît souvent cette idée d'une carte topographique qui serait nécessaire comme moyen de contrôle des données numériques. Toutefois, il n'est pas exclu que plusieurs géographes imaginent que la carte topographique puisse purement se substituer aux cartes statistiques, rendant les mêmes services sans présenter les mêmes défauts.

Il est vrai qu'à la fin du XIXe siècle, les représentations topographiques ont considérablement progressé. Dans toute l'Europe, des cartes à grande échelle ont été publiées. Le gain de précision est tel que l'on établit entre ces cartes et leurs devancières une différence de nature, plutôt que de degré : en 1898, Vidal de la Blache, qui rend compte dans les *Annales de géographie* de la *Politische Geographie* de Friedrich Ratzel, parle ainsi des cartes à grande échelle comme d'« instruments nouveaux d'investigation et d'analyse » de la géographie politique [208]. La même année, Lucien Gallois, se plaignant des inconvénients de la statistique (les chiffres masquent les faits), recommande, pour l'étude « en géographe » des questions de population, « de ne jamais perdre contact avec la réalité, et notamment d'avoir toujours sous les yeux des cartes à grande échelle [209]. » Mais cette règle dépasse la seule question du peuplement. Vidal soutient en 1904 l'utilité de la carte topographique pour la plupart des questions de géographie humaine : « L'étude de la carte à grande échelle est le moyen reconnu partout le plus propre à l'analyse et à l'interprétation des phénomènes (...). Les nombreuses indications relatives aux établissements et aux œuvres de l'homme trouveront un commentaire dans les détails circonstanciés de l'hydrographie et du relief. Les causes de la situation des centres habités, la direction des routes, des points de passage des rivières, de la répartition des usines à force hydraulique, sont autant de questions de géographie humaine, que seule la carte topographique à grande échelle est capable de poser, sinon toujours de résoudre [210]. » Vidal revient à plusieurs reprises sur l'utilité de la carte topographique, relativement au peuplement [211], mais il juge aussi important d'introduire des cartes à grande échelle pour les études économiques. Son *Atlas général* en fournit un exemple significatif, puisque la planche des *Régions industrielles de l'Europe* juxtapose plusieurs cartes topographiques au millionième [212].

Plusieurs disciples de Vidal s'en tiendront à ce principe. Nombre de développements, dans les thèses de géographie régionale, en matière de peuplement et d'activité, s'appuient sur des extraits sélectionnés des cartes d'État-Major. Brunhes suggère encore, en 1900, de substituer aux cartogrammes, pour l'enseignement de la géographie économique, « quelques spécimens bien choisis de cartes à grande échelle [213] ». Dans *La géographie humaine*, il réitère cette profession de foi : une bonne carte topographique est souvent préférable à une information statistique. Ainsi, « la démographie vraiment géographique est avant tout la démographie de l'habitation [...].

208. *P. Vidal de la Blache, 1898, p. 104.*

209. *L. Gallois, 1898, p. 56.*

210. *P. Vidal de la Blache, 1904b, p. 119.*

211. *Voir P. Vidal de la Blache, 1916, p. 98, à propos de l'évolution de la population en Alsace-Lorraine : « Il serait vraiment impardonnable de négliger le secours que nous offrent, pour obtenir une traduction exacte du phénomène, les cartes topographiques à grande échelle dont cette contrée est plus richement illustrée que toute autre. Leur témoignage, en nous montrant le figuré du terrain, l'extension des forêts, la répartition de certaines cultures spéciales, éclaire le mode de groupement de l'habitat, permet d'exercer un contrôle permanent sur les données statistiques ; il apporte plus d'une fois un correctif utile à l'uniformité des divisions administratives, même aussi restreintes que les cantons. »*

212. *P. Vidal de la Blache, 1894, planche 93.*

213. *J. Brunhes, 1900, p. 74.*

C'est à propos de la maison, du village et de la ville que doit être examinée [...] la question de la population ainsi que des représentations cartographiques destinées à figurer cette répartition[214] ». Reprenant à son compte un exemple déjà exploité par Vidal en 1898, l'opposition entre le peuplement des pays de vieille civilisation et celui des pays neufs, Brunhes s'exclame : « On parlait tout à l'heure avec raison « d'image démographique de pays « neuf » extraite de la statistique. Quelle notion encore plus expressive peut être tirée des cartes à grande échelle ! Un échantillon prélevé sur une bonne carte topographique, voilà par excellence une « image démographique de « pays neuf[215] ».

214. *J. Brunhes, 1910, p. 87.*

215. Ibid.

La valorisation des représentations topographiques met à nouveau en évidence les incertitudes d'une géographie tout à la fois séduite et réticente face aux modes d'expression statistique. Cette statistique graphique paraît à la fois familière et étrangère. Les géographes admettent sa rigueur et son utilité, mais sont également désorientés, autant peut-être par le code abstrait que par le caractère artificiel des aires de comptage. Tandis que médecins ou ingénieurs utilisent le nouveau système graphique sans états d'âmes, les géographes multiplient les restrictions, opposant le concret à l'abstrait, les faits aux chiffres, les enquêtes sur le vif aux enregistrements administratifs, la nature à l'artifice... Leur souci de réintroduire le lieu, la nature, aboutit à des solutions incertaines, complexes, voire à jeter par-dessus bord le code quantitatif. Les *a priori* théoriques occultent les questions de communication cartographique. Celles-ci ne sont que rarement effleurées, par exemple par de Martonne, qui se pose quelques questions relatives à la densité des signes, ou à l'élaboration des échelles de valeur. Les géographes font passer l'étude des moyens graphiques après les questions de principe. Tout à fait opposée est l'attitude des statisticiens qui, peut-être négligents quant à la critique de l'information à transmettre, portent très tôt leur attention vers les problèmes sémiologiques.

CHAPITRE VI

Les prémices de la sémiologie graphique

Dans l'attente d'une grammaire et d'un Vaugelas

Image et langage

Malgré le récent élargissement des recherches de sémiotique visuelle, la pensée contemporaine est encore marquée par sa réticence à considérer l'image comme un système de communication à part entière. Réduit à un phénomène de pseudo-communication « ineffable », le code visuel s'est vu refuser la dignité de langage et ses unités toute valeur de signe, parce que le domaine de l'image apparaissait à la fois plus faible et plus évident que celui de la langue verbale[1]. Selon Pierre Francastel, « il est courant de voir opposer au déchiffrement nécessaire de la parole, entendue ou fixée dans une écriture, l'intuition immédiate qui dévoile d'un seul coup au spectateur le sens de l'objet figuratif[2] ». Cette attitude, nous l'avons montré, est courante à l'égard des cartes. Pourtant, les utilisations concrètes de la carte la différencient d'autres catégories d'images. Elle doit, prioritairement, transmettre une information. Très tôt, certains assimilent ses tracés et ses mots à un discours qui « s'entend » et se lit, à un langage susceptible d'être critiqué, non en fonction de goûts ou de styles, mais en terme d'efficacité de communication. Dans notre premier chapitre, nous évoquions Robert de Vaugondy, s'élevant contre les cartes surchargées de signes indistincts[3]. Rappelons encore qu'un siècle plus tôt, le père Lubin avait conçu son très original *Mercure géographique* dans un but didactique, comme un premier vocabulaire des signes, parce que la lecture de la carte lui paraissait rebutante : « On y voit mots que l'on n'entend point, des lignes que l'on ne connaît pas, des figures que l'on ne comprend pas[4] ». C'était déjà lutter contre la conception courante chez

1. *Sur ce sujet, voir U. Eco, 1972, notamment aux p. 31, 171, 201-205.*

2. *P. Francastel, 1970, p. 11.*

3. *R. de Vaugondy, 1755, p. 242-243. Cité par F. de Dainville, 1964, p. 326.*

4. *A. Lubin, 1678. Cité par F. de Dainville, 1964, p. VIII.*

les géographes de l'époque classique, qui voulait que la carte soit d'autant meilleure que la nomenclature était complète, et affirmer que le domaine du « voir » n'était ni immédiatement accessible, ni efficace par essence.

Mais la dignité de langage est affirmée plus clairement à l'époque de la réforme de la topographie engagée par les ingénieurs-géographes militaires, qui précisent en 1802 quelques règles de l'efficacité graphique. Cette entreprise constitue la première réflexion fondamentale sur les valeurs graphiques. L'ingénieur Martinel, chef du bureau topographique du Piémont, écrit au général Sanson, en fructidor an XI : « on peut dire que le général Andréossi et vous avez créé une nouvelle science : on pourrait présager que dans moins de 30 ans, toutes les puissances d'Europe auront adopté notre langue topographique [5] ». Cette « science » pose déjà des préceptes remarquables : les réformateurs opposent tout d'abord la clarté à la confusion jetée sur les cartes par une densité trop forte de signes ou de mots ; ils se préoccupent de critiquer l'information en amont de la carte, d'en éliminer l'inutile, le non significatif, les répétitions ; enfin et surtout, ils recommandent l'universalité, ou l'uniformité des échelles et des systèmes de projection, mais surtout des symboles : l'interprétation correcte du message graphique nécessite la référence commune à un code univoque.

Au moment où se développent les procédés de représentation thématique, et particulièrement dans le domaine quantitatif, on peut s'interroger sur l'état de la réflexion théorique en matière graphique parmi les statisticiens : le code quantitatif a-t-il, lui aussi, vocation de langue universelle ?

Le signe graphique, nous l'avons vu, peut traduire les propriétés optiques des objets, ou leurs propriétés ontologiques. Si la carte tend vers l'imitation totale de l'objet, a-t-elle encore valeur de signe ? Dans l'une de ses fables fantatisques, Jorge Luis Borges imagine même un empire où la cartographie atteint une telle perfection que « les collèges de Cartographes levèrent une carte de l'Empire, qui avait le format de l'Empire et qui coïncidait avec lui, point par point [6] ». Dans sa phase ultime, la reproduction en projection zénithale de tous les objets présents à la surface du globe, la description topographique peut apparaître sans enjeu sémiologique : aucune réflexion n'est nécessaire sur l'information ou les signes graphiques puisque ces derniers sont la trace géométrique des objets visibles, à l'échelle. En fait, excepté dans l'empire imaginaire de Borges, cette conception est bien sûr inexacte : la carte topographique est toujours une interprétation de l'espace, elle passe par des choix et des conventions, c'est-à-dire qu'elle conserve les tendances subjectives de l'auteur. Inversement, les signes de la carte thématique ne sont pas entièrement détachés de l'analogie, ce que nous avons signalé pour la carte de Dupin, et dont on trouverait bien d'autres exemples dans la cartographie contemporaine (ainsi l'emploi des couleurs pour les cartes géologiques, ou les cartes de la végétation). Néanmoins, on peut admettre qu'ils sont globalement autonomes par rapport à l'espace visible, et dès lors que ce code indépendant pourrait être le lieu privilégié d'une réflexion sémiologique [7], c'est-à-dire d'une étude sur la valeur du symbole et son efficacité,

5. Correspondance topographique du Dépôt Général de la Guerre, *Archives du Service Historique de l'Armée de Terre, Vincennes, cote A 19 (an XI-an XIII).*

6. *J.L. Borges,* L'auteur et autres textes, *Paris, 3ᵉ éd., 1982, p. 199.*

7. *C'est la conception developpée par J. Bertin, 1973.*

d'une épuration du graphisme, voire de l'élaboration de règles en vue d'autoriser une plus grande aisance de lecture.

Curieusement, négligeant la réflexion théorique antérieure, et particulièrement celle des ingénieurs-géographes militaires, les statisticiens du XIXe siècle produisent deux discours contradictoires et superficiels. Le premier est le rejet pur et simple de l'image comme un jeu d'esprit, peu sérieux et peu scientifique. Les critiques formulées par Peuchet en 1805 sont ainsi reprises par Dufau en 1840 : « On doit s'abstenir de faire emploi des procédés graphiques, qui ont pu être utiles dans le principe pour rendre accessibles à tous certaines notions, et propager le goût de l'étude de la statistique, mais qui ne sauraient plus se concilier avec les méthodes rigoureuses par lesquelles, en l'élevant au rang de science positive, on peut espérer d'arriver un jour à des vérités si fécondes pour la civilisation toute entière[8]. » Mais inversement, face aux censeurs de la graphique, les adeptes du nouveau code quantitatif lui prêtent sans plus de discernement toutes les qualités, toutes les supériorités. Dans un premier temps, en cartographie quantitative, le procédé de représentation s'impose sans analyse, par ses seules vertus intrinsèques (« il parle aux yeux sans fatiguer l'esprit »), mais aussi par le principe de sa rareté. En est-il toujours de même à la fin du XIXe siècle ?

On pourrait le supposer, en examinant les écrits de plusieurs statisticiens. Ainsi pour Cheysson, la graphique, langue universelle, parle à tous avec rapidité et exactitude : « les procédés graphiques, unis parfois à la notion géographique, permettent non seulement d'embrasser d'un seul coup d'œil la série des phénomènes, mais encore d'en signaler les rapports ou les analogies, d'en trouver les causes, d'en dégager la loi. Leur succès ne peut que s'affirmer chaque jour davantage, grâce à la propriété qu'ils possèdent de peindre aux yeux des faits et des lois qu'il serait difficile de découvrir dans de longs tableaux numériques[9] ». Émile Levasseur, lors d'une communication présentée à l'occasion du jubilé de la Société de Statistique de Londres, insiste encore sur le côté démonstratif, attractif et mémorisable de l'image : « les figures, au contraire, sont des formes sensibles, des images qui non seulement attirent et fixent le regard, mais permettent d'apercevoir et de comprendre tout un ensemble d'un coup d'œil et qui font sur l'esprit une impression plus vive, souvent même plus profonde et plus durable que les chiffres[10] ». On sait d'ailleurs que Levasseur, chargé en 1871 par J. Simon, ministre de l'instruction publique, d'élaborer une réforme de l'enseignement de l'histoire et de la géographie, accorde aux constructions graphiques et notamment aux cartes, un rôle pédagogique essentiel[11]. En 1890, Louis Vauthier renchérit en exaltant cette « langue nouvelle qui donne aux chiffres la vie qui leur manque[12] » : « peinture approximative spontanée de valeurs et rapports numériques déterminés, rapprochement synthétique de valeurs et rapports similaires, tels sont les caractères essentiels, les avantages fondamentaux des représentations graphiques[13] ».

Pourtant, derrière cette faveur unanime transparaissent de nouvelles préoccupations. Alors que les applications se multiplient, que les interprétations graphiques d'une série statistique divergent, il s'amorce une réflexion sur les

8. *P. Dufau, 1840, p. 141.*

9. *É. Cheysson, 1880, p. 6.*

10. *É. Levasseur, 1885, p. 3.*

11. *Voir É. Levasseur, 1872.*

12. *L.L. Vauthier, 1890, p. 166.*

13. Ibid.

procédés, leurs qualités, leur efficacité. De la profusion de cartes décrite plus haut dérive un projet nouveau : celui de discipliner la graphique. Cheysson intervient en ce sens en 1878 : commentant les œuvres présentées à l'exposition universelle, il constate la « confusion de langue » qui règne parmi les savants qui pratiquent la méthode graphique, et indique : « je ne regrette pas, pour ma part, cette indiscipline des débuts. Elle favorise la spontanéité, l'originalité des solutions ; elle en fait éclore d'ingénieuses, qu'une règle plus sévère aurait peut-être étouffées[14] ». Mais, ajoute-t-il, « ce ne peut être là qu'une phase préalable. Le moment viendra où la science sera tenue de poser des principes généraux et d'arrêter des types déterminés qui correspondront aux besoins de la pratique. On ne devrait pas tolérer plus longtemps cette sorte d'anarchie à laquelle nous assistons [...]. Sans aller jusqu'à conseiller d'entreprendre déjà le code définitif de la statistique graphique (lequel devra d'ailleurs rester toujours assez flottant pour ne gêner aucune initiative légitime), on serait peut-être, dès à présent, en mesure d'en aborder utilement tel ou tel chapitre [...]. En tout cas, on pourrait tenter déjà la classification des procédés graphiques, et les ramener à un certain nombre de types définis[15] ». Dans la variété des cartes et diagrammes exposés, Cheysson voit en définitive l'application d'une même langue, « qui attend sa grammaire et son Vaugelas[16] ». En 1890, Vauthier insiste, en des termes proches, sur la nécessaire clarification de la graphique : il est bon que la spontanéité ait fait son œuvre, mais il faut désormais établir « une syntaxe[17] ».

Il subsiste encore chez plusieurs auteurs une approche simpliste de la question ; ainsi Maurice Block, qui déjà considérait que la méthode graphique n'avait, pour ainsi dire, pas d'histoire, envisage avec quelque légèreté la théorie graphique : « [Elle] peut être exposée en peu de pages ; le reste est affaire de goût et d'imagination, comme pour tout art[18] ». Il est cependant clair qu'une réflexion méthodologique s'engage. D'âpres débats autour des questions de « tact graphique » caractérisent la fin du siècle. La plupart des statisticiens institutionnels y contribuent, dans leurs publications, au sein de la Société de statistique de Paris, ou du Conseil supérieur de statistique. Mais, comme nous le verrons, c'est surtout à l'occasion des congrès internationaux de statistique que se développent les conceptions en la matière et que s'élabore une proto-sémiologie graphique.

Fig. 83. *Table synoptique des méthodes graphiques présentée au congrès international de statistique de Vienne (1857).*

14. *É. Cheysson, 1878, p. 6.*

15. Ibid.

16. Ibid.

17. *L.L. Vauthier, 1890, p. 168.*

18. *M. Block, 1878, p. 382.*

Nommer et classer

LA TABLE SYNOPTIQUE DU CONGRÈS DE VIENNE (1857)

Dans l'esprit de Cheysson, la première étape de la grammaire graphique est une classification, et partant une qualification des formes graphiques. Chronologiquement, on constate en effet que cette phase a été prioritaire, débutant dans les années 1850, soit avant même que les statisticiens français n'interviennent en faveur d'une discipline graphique. C'est lors du troisième congrès international de statistique, qui se tient à Vienne en 1857, qu'est proposée la première classification des diverses méthodes apparues au cours du siècle. Il semble probable que les contacts internationaux font alors mesu-

CLASSES	MÉTHODES GRAPHIQUES	EXEMPLES
A. Déclaration de l'existence des faits.	1. Cartes sur lesquelles les phénomènes sont indiqués au moyen de signes conventionnels ou de couleurs.	– Cartes portant indication des établissements industriels, plantes, animaux, minéraux à certains endroits.
B. Représentation des quantités et intensités.	2. Cartes avec des teintes plus ou moins foncées.	– Cartes de la densité de population en différents pays ou différentes divisions administratives.
	3. Série de lignes rapportées à une même base et rangées par ordre de taille ou en forme de flûte de Pan.	– Table graphique des populations absolues en différents pays ou districts (diagrammes en barres).
	4. Courges rapportées à une seule base, dont les hauteurs sont rangées selon un ordre géographique.	– Table graphique des différents niveaux de la température ou de la hauteur des eaux en différents lieux.
C. Représentation des relations spatiales.	5. Cartes sur lesquelles des couleurs conventionnelles sont disposées pour traduire les divisions territoriales.	– Cartes ethnographiques.
	6. Rectangles proportionnels ou figures analogues.	– Diagrammes pour comparer les surfaces de différents pays.
	7. Cartes indiquant le mouvement dans une certaine direction.	– Cartes indiquant les relations entre les lieux de production et les lieux de consommation.
D. Représentation des relations temporelles.	8. Courbes ascendantes ou descendantes, ou diagrammes évoluant en fonction du temps.	– Diagrammes indiquant la variation du thermomètre ou du baromètre à des temps différents en un lieu donné.
	9. Cartes avec la représentation simultanée d'un phénomène à différentes places, changement en relation avec temps et espace.	– Cartes des marées.

rer d'une manière plus aiguë la variété et la confusion des procédés. Lors des deux premiers congrès, à Bruxelles en 1853 et Paris en 1855[19], les questions théoriques ne sont pas à l'ordre du jour : les débats traitent surtout des applications pratiques et des divers objets de la statistique. À Paris, le baron Dupin est l'auteur du rapport sur l'avant-projet de programme. Évoquant la cartographie, il mentionne les cartes géographiques, hydrographiques, ou géologiques, et seulement une carte statistique : la sienne[20]. La discipline graphique ne peut, d'évidence, être d'actualité. C'est en 1857 que l'on aborde en fait la méthode graphique, dans le rapport de la commission d'organisation[21]. Selon ce rapport, les phénomènes susceptibles d'une représentation correspondent aux divisions usuelles du savoir, c'est-à-dire à l'objet (nature, existence, propriétés – *quid*) à la puissance (quantité, intensité – *quantum*), à l'espace (position, extension – *ubi*) ou au temps (mouvement, progression, modification – *quando*). Il serait donc pratique, considère-t-on, de classer les méthodes graphiques en fonction de ces catégories, et de les assembler en tables synoptiques.

À Vienne est présentée une telle table (voir figure 83) dont nous ignorons l'auteur. Elle intéresse à la fois les cartes et les diagrammes, et ne se limite pas aux représentations statistiques, englobant toutes les formes graphiques,

19. *Rappelons que ces congrès sont fondés à l'initiative d'Adolphe Quételet. Sept autres sessions se tiendront à Vienne (1857), Londres (1860), Berlin (1863), Florence (1867), La Haye (1869), Saint-Petersbourg (1872) et Budapest (1876).*

20. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu de la deuxième session..., *1856, p. 12.*

21. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu de la troisième session..., *1858, p. 192-197.*
Sur les travaux du congrès de Vienne, voir H.G. Funkhouser, 1937, p. 310-315.

y compris les représentations topographiques. Les méthodes sont donc réparties dans les quatre groupes du savoir humain, et assorties d'exemples de réalisations concrètes. L'examen de cette table fait apparaître les limites d'une tentative de classification sans doute prématurée, ainsi que les insuffisances du vocabulaire en usage. On peut remarquer par exemple que les cartes indiquant le mouvement (méthode 7) impliquent les relations temporelles tout autant que les relations spatiales. Les cartes chorochromatiques (méthode 5) paraîtraient mieux à leur place dans la classe A, de même que les figures proportionnelles dans la classe B. Il semble de toute façon que considérer une méthode graphique comme l'expression d'une catégorie du savoir (le temps ou l'espace ou l'intensité...), c'est introduire dès le départ une règle vicieuse dans la construction de la table, quand bien même il y aurait consensus sur la définition des catégories des connaissances humaines. La table de Vienne provoque d'ailleurs de très vives critiques de la part des congressistes, comme d'ailleurs l'ensemble des résolutions de la sixième section, dirigée par Quételet, sur l'usage de la cartographie et de la méthode graphique. La division établie apparaît vague, peu fonctionnelle, et sacrifiant trop à la phraséologie. Le docteur Ernest Engel, directeur du bureau de la statistique de Prusse, ironise par ailleurs sur sa tournure peu scientifique, à propos de la qualification des histogrammes : « Je désire attirer l'attention de l'honorable assemblée sur le fait que l'expression « série de lignes en forme « de flûte de Pan » n'a rien à voir avec la science[22] ». La carence du vocabulaire est en effet frappante, mais on remarque également les limites de l'inventaire des méthodes graphiques, puisque bien des procédés sont omis, carte par isolignes, carte par points, ou carte de flux[23]. La classification de 1857 arrive trop tôt, eu égard à la jeunesse du code graphique, notamment en matière de cartes statistiques. Devant les nombreuses réticences des savants présents à Vienne, les décisions définitives sont renvoyées aux sessions suivantes. La classification élaborée lors de ce congrès ne rencontre par la suite aucun écho significatif parmi les statisticiens et se trouve virtuellement abandonnée. Lors du congrès de Londres, en 1860, on aurait « agité la question des méthodes graphiques[24] ». En fait, ce sujet n'est véritablement approfondi, si l'on se fie aux comptes-rendus, qu'au cours des réunions de La Haye et Saint-Petersbourg. Mais le problème qui domine alors les discussions est celui de l'uniformisation des procédés, que nous étudierons plus loin. La théorie en matière de classification ne progresse substantiellement qu'après 1870.

22. *Cité par H.G. Funkhouser, 1937, p. 315.*

23. *La méthode 7 ne semble pas, en effet, inclure la notion de quantité en mouvement.*

24. *É. Levasseur, « Rapport sur les congrès internationaux de statistique »,* Journal de la Société de Statistique de Paris *13, 1872.*

LA DIVISION CARTE-DIAGRAMME

C'est d'Allemagne que provient l'impulsion théorique, principalement avec les travaux du docteur Georg von Mayr (1841-1925), statisticien et économiste bavarois déjà évoqué par ailleurs. En 1872, le congrès de statistique de Saint-Petersbourg met en place une commission permanente, chargée de préparer et d'organiser les futures réunions internationales. À la demande de cette commission, le docteur Mayr rédige un rapport sur les méthodes graphiques, publié en 1874 sous le titre *Gutachten über die Anwendung der gra-*

phischen und geographischen Methode in der Statistik. Cette contribution fondamentale est reprise trois ans plus tard dans le traité de statistique de Mayr, *Die Gesetzmässigkeit im Gesellschaftsleben, statistische Studien*. Ces deux textes ordonnent en premier lieu la classification des méthodes de statistique graphique autour de la division essentielle entre diagramme et cartogramme : « *die graphische Methode umfasst sowohl die einfachen geometrischen Veranschaulichungen der statistischen Zahlen – die Diagramme – als auch die Darstellung statistischer Verhältnisse auf der Landkarte – die Kartogramme. Diese beide Arten der graphischen Darstellung sind von einander wesentlich verschieden*[25] ». L'intérêt de cette affirmation, bien évidemment, ne se repère pas au niveau d'une distinction usuelle dans le vocabulaire de la statistique, et que nous trouvions par exemple chez Minard, qui différenciait ses « tableaux graphiques » et ses « cartes figuratives ».

Une première nouveauté se situe sans doute dans l'usage du mot cartogramme, qui apparaît ici dans le sens général de carte statistique. Les statisticiens français emploieront par la suite ce terme assez communément, le substituant à l'expression « carte figurative », dont l'origine, rappelons-le, remontait à Charles Dupin. Mais la césure que pose Mayr doit avant tout être comprise comme un principe de classification, et étudiée comme telle : on s'aperçoit alors qu'elle est loin de présenter l'évidence qu'elle revêt actuellement.

À la suite de Mayr, Émile Cheysson établit sur cette base son catalogue des méthodes graphiques présentées à l'exposition de 1878[26]. Maurice Block admet également que « La méthode graphique se divise en deux branches : celle qui emploie le diagramme et celle qui fait usage de la cartographie[27] ». Peu après, en 1885, Émile Levasseur inventorie « Les CARTES DE STATISTIQUE, ou cartogrammes[28] », et « Les FIGURES DE STATISTIQUE qu'on désigne souvent par le terme plus spécial, mais moins intelligible peut-être pour le vulgaire, de diagrammes[29] ». Seule originalité, Levasseur ajoute une troisième catégorie, celle des solides ou stéréogrammes, qu'il est en fait peu légitime de distinguer des diagrammes[30]. Ceci posé, les auteurs ont quelque peine à trouver une justification théorique à cette division. Pour Block, ces deux branches de la méthode graphique ne s'excluent pas, c'est-à-dire peuvent être employées concurremment, mais « l'expérience a démontré et le raisonnement confirme, qu'en principe, le diagramme rend mieux, mais non exclusivement, les rapports de temps, et la cartographie les rapports d'espace[31] ». Cheysson considère quant à lui que « du moment où la géographie intervient, le diagramme doit faire place au cartogramme[32] ». S'il est bien entendu que, par définition, la référence géographique est contenue dans la notion de carte, on ne peut opposer ces deux modes graphiques à partir d'une analyse du sujet à représenter : un même thème peut emprunter ces deux impositions du plan, comme le prouve l'œuvre de Minard, dans laquelle la circulation des marchandises ou des voyageurs est figurée par le tableau graphique ou la carte de flux. Cheysson lui-même emploie concurremment carte ou diagramme, dans l'*Album de statistique graphique*, pour une même information. Les cartes peuvent traduire les rapports chronologiques,

25. *« La méthode graphique comprend aussi bien l'expression géométrique des données statistiques – le diagramme – que la représentation des statistiques en relation avec la carte des territoires – le cartogramme. Ces deux modes d'illustration graphique sont fondamentalement différents l'un de l'autre. » G. von Mayr, 1874, p. 4.*

26. *É. Cheysson, 1878.*

27. *M. Block, 1878, p. 382.*

28. *É. Levasseur, 1885, p. 18.*

29. Ibid., *p. 3.*

30. *Des solides, dits aussi diagrammes stéréographiques, G. von Mayr fait d'ailleurs une espèce de diagramme, présentant un effet de relief.*

31. *M. Block, 1878, p. 382.*

32. *É. Cheysson, 1883, p. 447.*

comme dans le cas des cartes bilans établies par Cheysson pour l'*Album* et, inversement, les rapports d'espace apparaissent dans de multiples diagrammes, tels ceux de Humboldt en 1811.

On pourrait encore s'interroger sur la place tenue, dans ce cadre de classification, par certaines anamorphoses cartographiques comme en produira Levasseur pour l'enseignement. Mais en fait, cette analyse critique conduit surtout à reconnaître que la distinction de Mayr se fonde sur le privilège accordé à la référence topographique universelle par rapport à d'autres composantes de l'information. Ainsi l'opposition carte/diagramme se justifie avant tout d'un point de vue formel : la nature irrégulière des tracés géographiques révèle immédiatement le fait cartographique. Il reste que le succès et la commodité du principe de Mayr ne doivent pas faire oublier qu'au XIX[e] siècle, les moyens graphiques appliqués aux statistiques sont longtemps compris globalement, et que pour les discerner on a pu choisir des indices autres que formels, comme c'est le cas au congrès de Vienne, avec les catégories du savoir, mais également d'autres indices formels. L. A. Bertillon affirme ainsi vers 1878 : « Les procédés de représentation graphique se divisent en deux classes fort distinctes, suivant qu'ils empruntent leur moyen, I, aux teintes (couleurs et grisés) ou II, aux figures[33] ». Bertillon ne prend donc pas pour point de départ la différence entre carte et diagramme : chacune de ces deux classes de représentations se trouve indistinctement répartie parmi les différentes espèces de représentations par teintes ou figures géométriques.

33. *L. Bertillon, 1877, p. 7-8.*

Principes taxonomiques

Il ressort de ce qui précède que les statisticiens retiennent au XIX[e] siècle deux principaux critères de classement. Leurs différenciations des méthodes en usage s'établissent à partir soit d'une analyse de l'information, soit de la forme des figurations.

LE CONTENU : L'INFORMATION

La table synoptique de Vienne était construite à partir d'une division théorique des sujets à représenter, mais les catégories du savoir humain pouvaient paraître éloignées des réalités statistiques. Par la suite, des auteurs comme Block ou Vauthier vont s'appuyer partiellement, pour bâtir leurs classifications, sur une étude des données à transcrire. Malgré quelques tâtonnements ou confusions, ils se rapprochent incontestablement des conceptions modernes de l'information. « Distinguons, nous dit Block, les cartes sur lesquelles on ne présente qu'un renseignement à la fois de celles où l'on essaye d'en réunir plusieurs[34] ». Le premier groupe est constitué selon lui de ce qu'il nomme des « cartes graphiques par excellence[35] », simples et très populaires, utiles et faciles à dresser. Il s'agit des cartes par teintes graduées, appliquées par exemple à la densité ou à l'instruction, formule que Block a lui-même utilisée fréquemment. Outre cette cartographie « par excellence », Block signale avec méfiance « les cartes destinées à rapprocher des données diffé-

34. *M. Block, 1878, p. 388.*

35. Ibid.

rentes », car « si l'on multiplie les détails, on n'a plus une carte graphique, c'est-à-dire une image dont on saisit tous les traits d'un coup d'œil, mais une carte géographique, qu'il faut étudier comme un livre, pour ainsi dire, page par page[36] ». Block ne peut préciser le nombre maximum de renseignements qui peuvent être réunis sans nuire à la clarté, mais il indique que lorsque les légendes, trop longues, doivent être consultées à tout moment, on a affaire à « une combinaison hybride de plusieurs systèmes[37] » qui lui paraît à proscrire. Les théories de Block sur la carte graphique ne sont pas sans intérêt en tant que contributions à la réflexion sur l'image et le processus de lecture, et préfigurent la distinction établie aujourd'hui par J. Bertin entre images et figurations[38]. Mais on peut surtout repérer chez Block l'embryon d'une analyse de l'information, à partir de la notion de nombre de renseignements. L'idée n'est en fait qu'esquissée, et Block ne propose pas de classification complète à partir de ce critère : ses remarques servent surtout de prétexte à un panégyrique de la carte par paliers de valeur, suivi d'une discussion critique sur le problème particulier de la division des séries statistiques.

36. Ibid., *p. 394.*

37. Ibid., *p. 395.*

38. *J. Bertin, 1973, p. 13-14.*

La classification à partir de l'information à transmettre intéresse cependant d'autres auteurs. Dès 1843, Léon Lalanne avait caractérisé les diagrammes réalisés pour le *Cours complet de météorologie* de Kaemtz en fonction du nombre de variables (deux ou trois) des lois météorologiques considérées. L'ingénieur Louis Vauthier s'inspire à nouveau des travaux de Lalanne en proposant en 1890 une division assez proche, mais appliquée cette fois à l'ensemble des moyens graphiques : « on peut, par les procédés graphiques, représenter des nombres isolés, sans lien de dépendance entre eux, ce qui constitue une variable unique. On peut, et c'est là le cas le plus fréquent, représenter graphiquement les rapports mutuels de deux éléments variables [...]. Enfin la représentation graphique peut s'étendre au cas de trois éléments variables [...]. De là trois degrés, ou plutôt trois classes[39] ».

39. *L.L. Vauthier, 1890, p. 169.*

La première classe comprend d'après Vauthier toutes figures proportionnelles à des nombres qui correspondent à la même quantité concrète, ou à des quantités concrètes de même espèce. Parmi ces figures, on trouve les histogrammes ou colonnes étalonnées, les rectangles et carrés proportionnels. Les cartogrammes, ceux de Cheysson par exemple, ne figurent pas seulement « les rapports de grandeur d'éléments détachés[40] », mais fixent également la situation géographique qu'ils occupent, reconnaît Vauthier. Néanmoins, il les place dans la première classe et non dans la troisième, en s'appuyant sur le procédé graphique : considérant que le but essentiel du cartogramme est la correcte réalisation des diagrammes qui le parsèment, Vauthier n'accorde aux variables géographiques qu'un caractère annexe, facultatif. Ainsi, il cite l'exemple de carrés proportionnels à la population construits pour chaque état américain, présentés lors de l'exposition statistique de l'Amérique du Nord (1878), et note que ces figures, si elles avaient été placées sur un fonds de carte de l'Union Américaine, auraient constitué un cartogramme : « il ne nous paraît pas, cela eût-il été réalisé, que cette opération eût modifié le caractère de la représentation graphique, portant presque exclusivement sur la bonne constitution des carrés, et qu'elle fût suf-

40. Ibid.

fisante pour faire passer cette représentation de la première à la troisième classe[41] ». Dans la seconde classe, Vauthier inclut les cartes de flux, « qui ont pour objet de mettre en relation deux variables : le tracé de la voie et sa fréquentation en chaque point[42] ». Selon lui, rien ne distingue en effet ces cartes des graphiques à coordonnées orthogonales, sinon que la ligne des abscisses est courbe ou brisée au lieu d'être orthogonale. Le reste de la deuxième classe est d'ailleurs constitué de ces graphiques à coordonnées orthogonales ou polaires. Enfin, la troisième classe comprend notamment les cartes par isoplèthes, ainsi que les autres constructions à trois coordonnées (comme les diagrammes de Lalanne de 1843), avec le cas particulier où deux de ces coordonnées sont les repères géographiques, par exemple pour les cartes teintées.

41. Ibid., *p. 170.*

42. Ibid., *p. 172.*

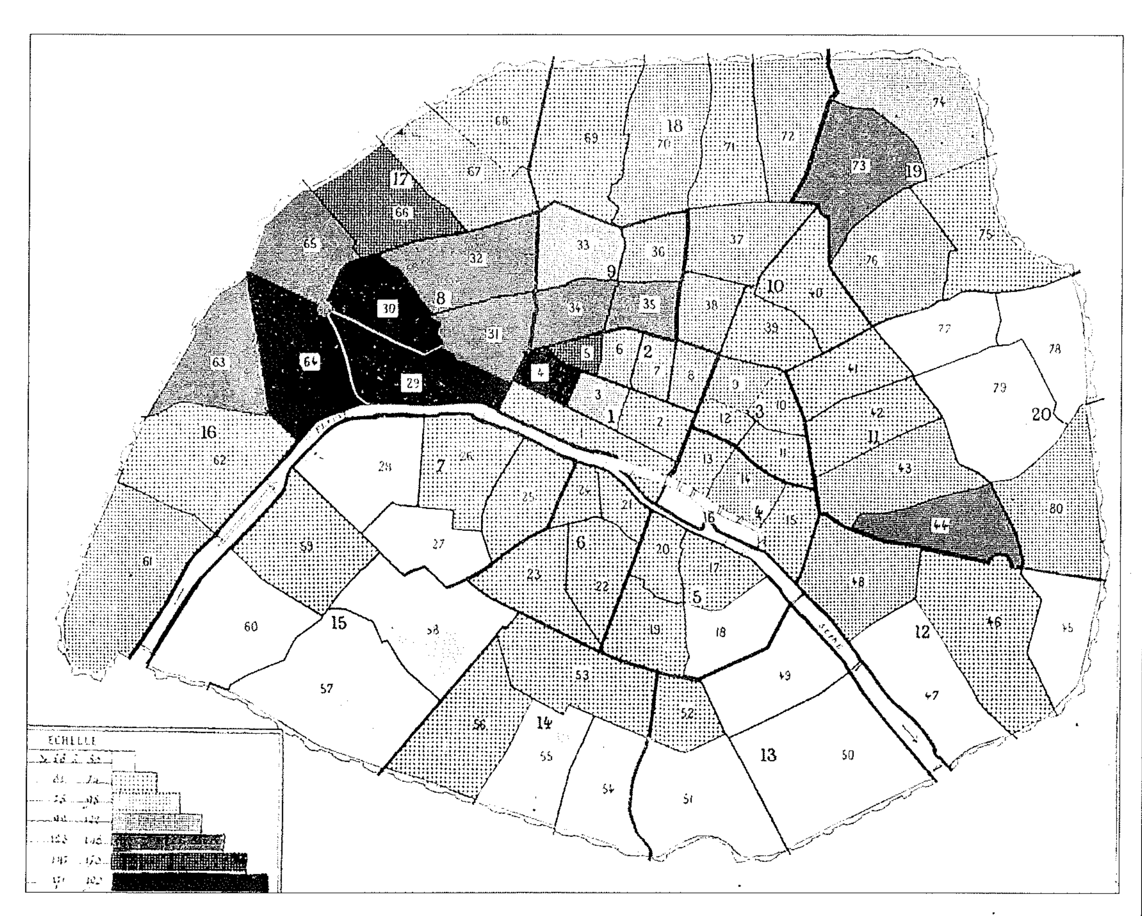
La notion de variable appliquée ici est très approximative. Vauthier sacrifie arbitrairement les composantes géographiques en examinant la première classe de représentations, il les réduit à une variable dans le cas des cartes de flux (deuxième classe) pour finalement les réintégrer sous forme de deux coordonnées en troisième classe. Cela peut-il se justifier en admettant qu'il privilégie, en statisticien, les seules variables numériques ? La classification n'est pas plus rationnelle de ce point de vue, dans la mesure où la variable n'est pas identifiée strictement à une classe de données numériques : les diagrammes en place sur fonds de carte sont ainsi assimilés à des renseignements uniques sur un lieu précis, répondant ainsi à la définition de « figures proportionnelles à des nombres détachés correspondant à la même quantité concrète ou à des quantités concrètes de la même espèce[43] ». Curieusement, Vauthier s'élève par ailleurs contre les cartogrammes qui multiplient les informations : « il y a de telles cartes figurant à l'Exposition actuelle, dont on a voulu faire une sorte d'encyclopédie complète, et qui, par la multiplicité des cercles, des carrés et des triangles multicolores dont elle est illustrée, perd absolument l'avantage essentiel de clarté et de facile lecture qui est l'apanage et doit rester la caractéristique des figurations graphiques[44] ». Ainsi, on peut mesurer les défauts des catégories établies par Vauthier, puisqu'en bonne logique, certains cartogrammes ne devraient être situés, ni en première ou troisième classe, mais en *n*ième. « Nous avons hasardé une classification, conclut Vauthier, elle nous a rendu quelques services, au moins pour le présent exposé. Elle est livrée à la discussion. Il n'y a dans ces matières rien qui relève de l'absolu scientifique[45] ».

43. Ibid., *p. 170.*

44. Ibid., *p. 171.*

45. Ibid., *p. 191.*

En fait, les théories de Lalanne de 1843 étaient somme toute assez proches d'un « absolu scientifique » mais, en règle générale, l'analyse de l'information en amont de la représentation demeure confuse à la fin du XIXe siècle. « Renseignement » ou « variable » sont des notions encore floues. Cette approche de la question des classifications témoigne cependant d'un progrès dans la réflexion sémiologique. Vauthier s'éloigne des considérations de « goût artistique », pour poser la nécessité d'une adéquation de l'image à l'information. Le choix d'une méthode graphique ne doit pas être arbitraire : il doit permettre de fournir une réponse appropriée à un problème d'information à transmettre. En ce sens, la classification est en même temps règle, ou gram-



Légende. – Les chiffres indiqués dans le coin inférieur gauche de la figure font connaître la proportion d'étrangers : « Sur 1 000 habitants, combien sont étrangers ? » Plus la teinte dont est noté un arrondissement est foncée, plus la proportion d'étrangers y est élevée.

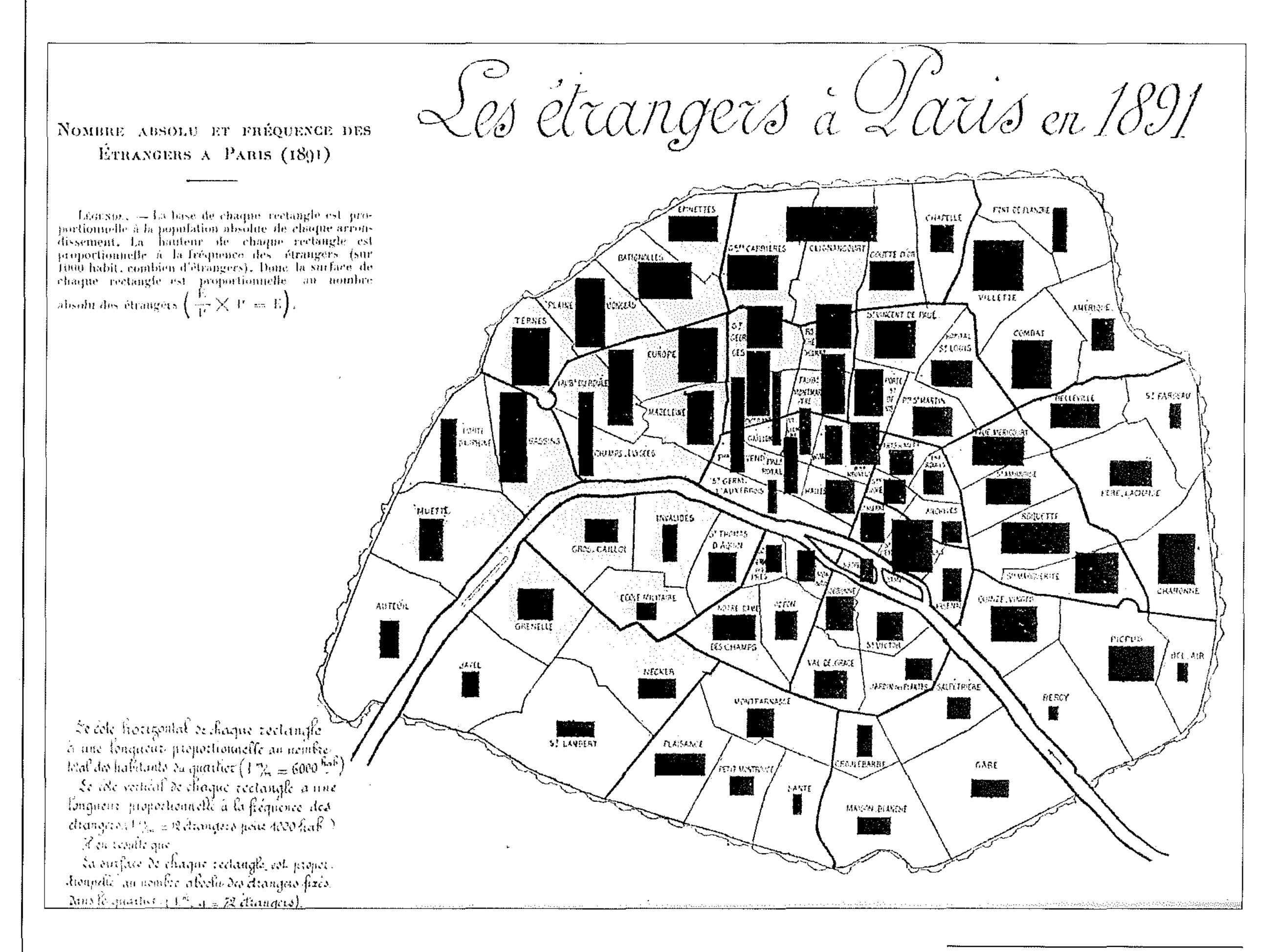
Fig. 84. J. Bertillon, *Fréquence des étrangers à Paris (1886)*, 1896. (Cliché : B.N., Service photographique.)

maire graphique. Il s'agit d'ailleurs de répondre aux besoins de la pratique, et un exemple concret nous prouve que les idées de Vauthier ne sont pas purement spéculatives. Dans un passage très original de son traité de statistique de 1896, le docteur Jacques Bertillon illustre cette nouvelle problématique, en cartographiant un même thème, celui de la population étrangère à Paris, selon deux modes différents, dont il discute les avantages respectifs. La *Fréquence des étrangers à Paris (1886)* [46] est une représentation par teintes graduées de la proportion d'étrangers pour 1 000 habitants par quartier, selon une échelle à sept paliers de valeur (figure 84). Mais Bertillon remarque : « notre cartogramme ne traduit qu'un des côtés de la question, et cela parce qu'il ne peut exprimer qu'un chiffre pour chaque quartier [47] ». En effet, des proportions semblables peuvent signifier des quantités absolues très éloignées, ce qui paraît retrancher selon Bertillon un aspect essentiel à l'information. Aussi juge-t-il préférable une autre méthode, qu'il applique pour *Les étrangers à Paris en 1891* [48]. Pour chaque quartier est alors construit un diagramme rectangulaire, selon les règles suivantes : « la base de chaque rectangle est proportionnelle à la population absolue de chaque arrondissement

46. *J. Bertillon, 1896, p. 132.*

47. Ibid., *p. 133.*

48. Ibid., *carte h.-t.*



(P). La hauteur de chaque rectangle est proportionnelle à la fréquence des étrangers ([E/P], c.-à-d. sur 1 000 habitants combien d'étrangers ?). Donc la surface de chaque rectangle est proportionnelle au nombre absolu des étrangers ([E/P] x P = E)[49]. » (figure 85). Les rectangles prennent ainsi une forme significative, selon qu'ils sont « allongés comme des chandelles » (forte proportion, mais nombre absolu faible) ou « plats comme des galettes » (proportion faible, mais nombre absolu considérable). J. Bertillon applique un semblable principe pour exprimer la hauteur des maisons à Paris[50], mais en figurant cette fois-ci huit rectangles par quartier, chacun correspondant à un type de construction à simple rez-de-chaussée, un étage, deux étages, etc. La hauteur du rectangle exprime directement celle du bâtiment, sa base traduit la proportion de chaque type de construction.

« Par une seule figure, on aura représenté trois nombres[51] », pense Bertillon. En fait, considérées sous l'angle de la lisibilité, les cartes des étrangers à Paris en 1891 et de la hauteur des maisons s'éloignent de l'image au sens moderne du terme : l'information latente des cartogrammes s'enrichit, puisque Bertillon parvient à exprimer en même temps la donnée relative et la donnée absolue, mais les deux dimensions du plan exprimant les composantes géographiques, la troisième dimension de la carte devrait se limiter à la traduc-

Fig. 85. J. Bertillon, *Les étrangers à Paris en 1891*, 1896. (Cliché : B.N., Service photographique.)

49. Ibid.

50. Ibid., *carte h.-t., sans titre.*

51. Ibid., *p. 139.*

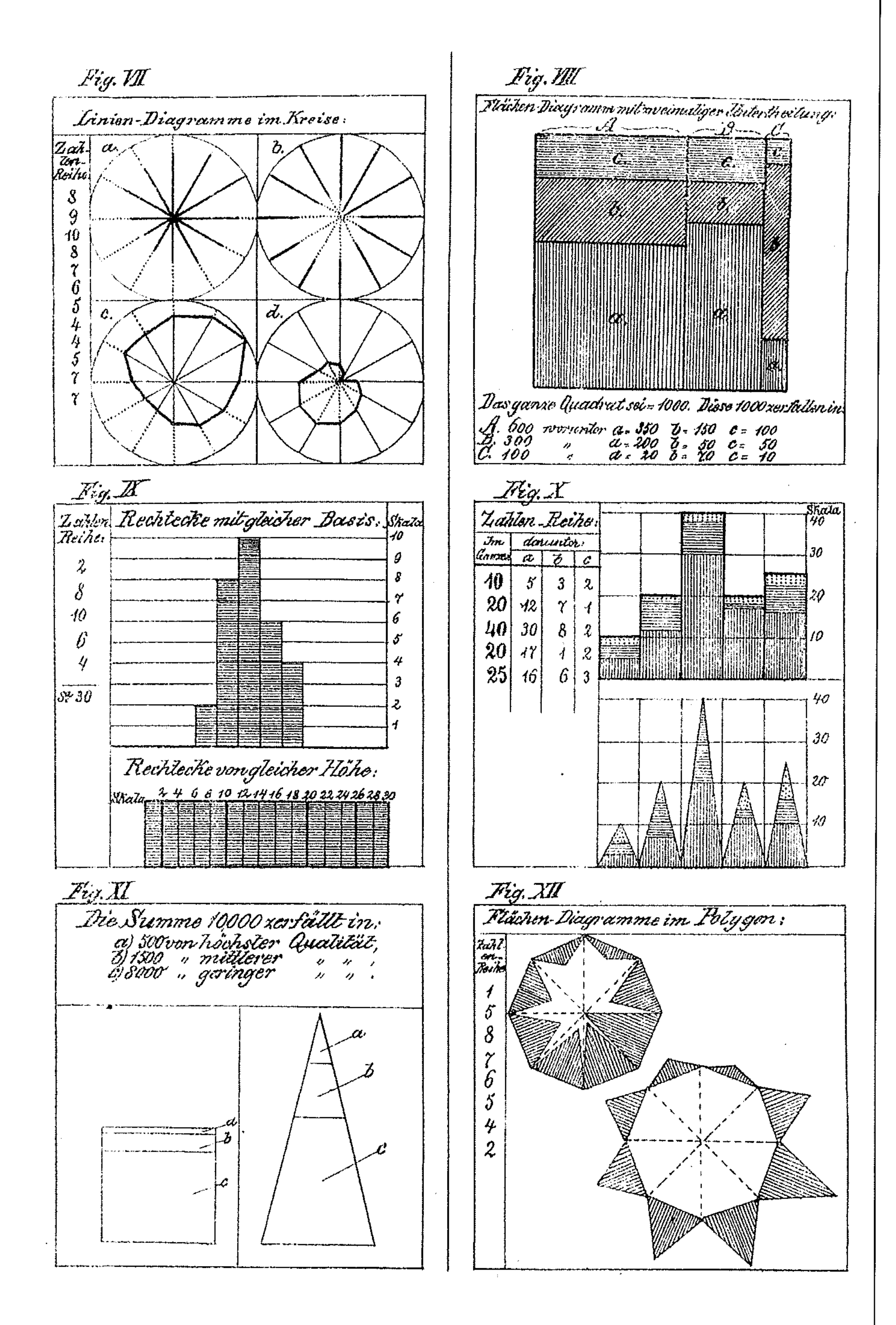


Fig. 86. Les types de diagrammes selon G. von Mayr (diagrammes par lignes et par surfaces). (Cliché : B.N., Service photographique.)

tion d'une composante quantitative pour assurer une perception efficace. La démarche de Bertillon prouve cependant qu'il a pris conscience de la nécessité de moduler la réponse graphique en fonction de la teneur de l'information potentielle. À nouveau « côté de la question », nouvelle représentation, introduisant une nouvelle variable visuelle : ainsi, pour fournir des indications utiles aux spéculateurs, Bertillon conseille d'ajouter à la carte des hauteurs des habitations, des teintes graduées correspondant au prix des terrains, par arrondissement[52].

52. Ibid., *p. 136.*

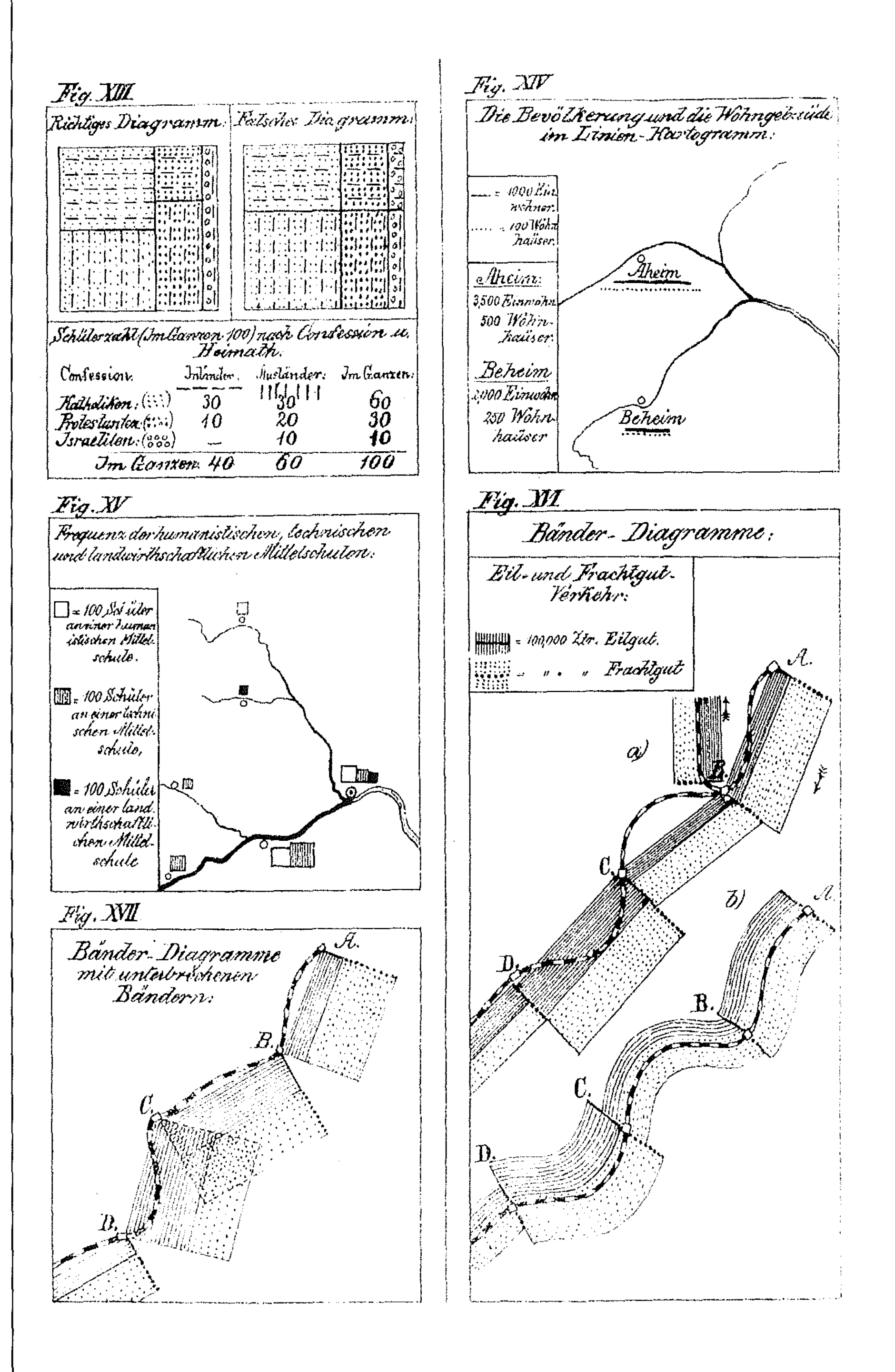


Fig. 87. Types de cartogrammes selon G. von Mayr. (Cliché : B.N., Service photographique.)

Pour originales qu'elles puissent paraître, les tentatives d'organiser une classification à partir de l'analyse de l'information restent rares, et manquent encore de rigueur. Il apparaît en fait beaucoup plus évident, au XIX[e] siècle, de déterminer un certain nombre de types graphiques selon des critères de forme.

Le signifiant : les moyens graphiques

Les travaux de Mayr paraissent une fois encore à l'origine des classifications fondées sur le code graphique. Mayr divise en effet les diagrammes en quatre

catégories, selon qu'ils traduisent les quantités en points, lignes, surfaces ou solides (exemples en figure 86 pour les trois premiers types). Selon lui, le « cartogramme » présente les mêmes subdivisions, solides exceptés. Les cartes statistiques par points ou lignes sont des procédés évoqués rapidement, qui paraissent à l'auteur de peu d'utilité. L'application de « *Linien-Kartogramm* » présentée au croquis 14 de son ouvrage (figure 87) n'est en effet guère spectaculaire ; on peut certes s'étonner que Mayr n'ait pas eu conscience des possibilités graphiques du point, mais il faut rappeler l'extrême rareté des applications du « système de Montizon » au XIXe siècle. En fait, la classification intéresse surtout le groupe majeur des cartogrammes avec surfaces[53]. Mayr distingue parmi ceux-ci les trois formes principales développées au XIXe siècle : les cartes de flux – croquis 16 et 17, figure 87 (*die Kartogramme mit Bändern, welche die raumliche Bewegung von Massen darstellen*), les cartogrammes proprement dits, ou cartodiagrammes – croquis 15, figure 87 (*die Kartogramme mit reinen Flächen Diagrammen in geographischer Position*) et enfin les cartes choroplèthes (*die Kartogramme, auf welchen für die Abschnitte eines Landrichtes statistiche Durchnittsverhältnisse in bestimmter Gruppirung durch Farbe oder Schraffur dargestellt werden*).

53. *G. von Mayr, 1874, p. 17-23.*

En France, plusieurs statisticiens proposent des classifications qui doivent beaucoup aux théories de Mayr. C'est le cas du docteur L.A. Bertillon, qui, bien qu'il distingue au départ les représentations par teintes et celles par figures, reprend pour ces dernières la division en points, lignes, surfaces et solides. Le point est fort peu employé, bien qu'il puisse, remarque Bertillon, « représenter l'unité convenue, et indiquer qu'un phénomène se rapporte à une, deux, trois unités[54] ». En l'absence d'exemple précis d'application graphique, le sens de cette remarque reste flou. En revanche, la représentation par lignes est plus précisément décrite. Bertillon évoque les lignes de longueur proportionnelle à une valeur numérique, mais également les lignes « servant à indiquer soit des limites, par exemple de telle végétation, de telle maladie, de telles températures, etc. ; de la neige, de la glace, etc. ; soit la marche migratoire linéaire d'un phénomène (d'une épidémie, etc.), ou encore les changements convenus de niveau, si employés en topographie[55] ». L'auteur y ajoute l'ensemble des courbes se rapportant à toute autre donnée, susceptible de tels mouvements « topographiques » : température, pluviométrie, population, natalité, mortalité... Les cartes choroplèthes ou chorochromatiques appartenant aux représentations par teintes, le groupe des représentations par figures utilisant des surfaces se rapporte à l'ensemble des figures géométriques, rectangles, carrés, cercles ou polygones, qu'elles soient ou non introduites sur des cartes.

54. *L. Bertillon, 1877, p. 10.*

55. Ibid.

La classification de Bertillon possède une vocation moins exclusivement statistique que celle de Mayr. Mais dans les deux cas, ce qui frappe dans la logique « euclidienne » qui préside au classement, c'est qu'elle se rapporte exclusivement aux « éléments constituants » des représentations – l'expression est de Bertillon – c'est-à-dire s'arrête à l'évidence des taches visibles qui matérialisent l'information. Point, ligne ou surface n'ont pas ici l'acception moderne de l'implantation[56], c'est-à-dire ne se rapportent pas

56. *Voir J. Bertin, 1973, p. 11 et 44.*

catégories, selon qu'ils traduisent les quantités en points, lignes, surfaces ou solides (exemples en figure 86 pour les trois premiers types). Selon lui, le « cartogramme » présente les mêmes subdivisions, solides exceptés. Les cartes statistiques par points ou lignes sont des procédés évoqués rapidement, qui paraissent à l'auteur de peu d'utilité. L'application de « *Linien-Kartogramm* » présentée au croquis 14 de son ouvrage (figure 87) n'est en effet guère spectaculaire ; on peut certes s'étonner que Mayr n'ait pas eu conscience des possibilités graphiques du point, mais il faut rappeler l'extrême rareté des applications du « système de Montizon » au XIXe siècle. En fait, la classification intéresse surtout le groupe majeur des cartogrammes avec surfaces [53]. Mayr distingue parmi ceux-ci les trois formes principales développées au XIXe siècle : les cartes de flux – croquis 16 et 17, figure 87 (*die Kartogramme mit Bändern, welche die raumliche Bewegung von Massen darstellen*), les cartogrammes proprement dits, ou cartodiagrammes – croquis 15, figure 87 (*die Kartogramme mit reinen Flächen Diagrammen in geographischer Position*) et enfin les cartes choroplèthes (*die Kartogramme, auf welchen für die Abschnitte eines Landrichtes statistiche Durchnittsverhältnisse in bestimmter Gruppirung durch Farbe oder Schraffur dargestellt werden*).

53. *G. von Mayr, 1874, p. 17-23.*

En France, plusieurs statisticiens proposent des classifications qui doivent beaucoup aux théories de Mayr. C'est le cas du docteur L.A. Bertillon, qui, bien qu'il distingue au départ les représentations par teintes et celles par figures, reprend pour ces dernières la division en points, lignes, surfaces et solides. Le point est fort peu employé, bien qu'il puisse, remarque Bertillon, « représenter l'unité convenue, et indiquer qu'un phénomène se rapporte à une, deux, trois unités [54] ». En l'absence d'exemple précis d'application graphique, le sens de cette remarque reste flou. En revanche, la représentation par lignes est plus précisément décrite. Bertillon évoque les lignes de longueur proportionnelle à une valeur numérique, mais également les lignes « servant à indiquer soit des limites, par exemple de telle végétation, de telle maladie, de telles températures, etc. ; de la neige, de la glace, etc. ; soit la marche migratoire linéaire d'un phénomène (d'une épidémie, etc.), ou encore les changements convenus de niveau, si employés en topographie [55] ». L'auteur y ajoute l'ensemble des courbes se rapportant à toute autre donnée, susceptible de tels mouvements « topographiques » : température, pluviométrie, population, natalité, mortalité... Les cartes choroplèthes ou chorochromatiques appartenant aux représentations par teintes, le groupe des représentations par figures utilisant des surfaces se rapporte à l'ensemble des figures géométriques, rectangles, carrés, cercles ou polygones, qu'elles soient ou non introduites sur des cartes.

54. *L. Bertillon, 1877, p. 10.*

55. Ibid.

La classification de Bertillon possède une vocation moins exclusivement statistique que celle de Mayr. Mais dans les deux cas, ce qui frappe dans la logique « euclidienne » qui préside au classement, c'est qu'elle se rapporte exclusivement aux « éléments constituants » des représentations – l'expression est de Bertillon – c'est-à-dire s'arrête à l'évidence des taches visibles qui matérialisent l'information. Point, ligne ou surface n'ont pas ici l'acception moderne de l'implantation [56], c'est-à-dire ne se rapportent pas

56. *Voir J. Bertin, 1973, p. 11 et 44.*

à la signification de la tache visible, ce qui ne va pas sans entretenir quelque ambiguïté. En effet, la ligne qui selon Bertillon délimite telle végétation ou telle maladie a de toute évidence une signification zonale. La zone teintée qui matérialise un flux est une abstraction qui se rapporte à un axe de communication. Un cercle proportionnel matérialise des données qui peuvent certes se rapporter à une aire (le département par exemple) mais aussi bien à un point de l'espace terrestre (centre de production, de population...). Aussi faut-il se garder de voir ici les prototypes des catégories actuelles de l'image : ces classifications empiriques sont plutôt des constatations, sans autre principe directeur que celui de la configuration des signes. Par ailleurs, si l'on examine les types définis par Mayr, on constate que seul un groupe de la classification est réellement développé par les statisticiens du XIXe siècle, celui des cartogrammes par surface. Dans plusieurs cas, ce que les statisticiens français présentent comme « classification » n'est qu'un développement de cette dernière catégorie.

Émile Cheysson, qui appelait de ses vœux un Vaugelas, peut être lui-même considéré comme l'un des plus importants théoriciens de la période : il multiplie les analyses sur la graphique, en avant-propos de ses albums de statistique, à l'occasion des congrès et des expositions, au sein de la Société de statistique de Paris ou du Conseil supérieur de statistique. Il propose une typologie qui de toute évidence s'inspire de celle de Mayr, mais s'efforce de proposer un vocabulaire nouveau et précis pour chaque forme décrite. L'influence des contacts internationaux entre statisticiens reste prépondérante, puisque les conceptions de Cheysson s'expriment en un rapport à la commission permanente du congrès international de statistique, rédigé à l'occasion de l'exposition universelle de 1878.

Cheysson distingue quatre catégories de cartes statistiques. Dans la première, « on bâtit sur chaque point qu'on veut signaler, sur chaque foyer, un petit diagramme spécial [57] ». Cheysson suggère en conséquence de la baptiser celle des *cartogrammes à foyers diagraphiques*. Les cartogrammes de deuxième série sont les *cartogrammes à bandes*, mode graphique qui exprime une dynamique, dont notre auteur rappelle l'invention simultanée par Minard et Belpaire. Les applications du système Dupin, désignées comme *cartogrammes territoriaux à teintes dégradées*, constituent la troisième et la plus nombreuse des catégories. « Pour dresser ces cartogrammes, on établit les moyennes d'un fait pour chaque division d'un territoire, puis on les classe en un certain nombre de groupes, et l'on affecte à chacun de ces groupes, soit une couleur, soit une nuance, qui servent à distinguer toutes les divisions appartenant à ce même groupe [58] ». Cette classe est subdivisée suivant le nombre de teintes employées pour l'échelle des paliers : une, deux (« insuffisances » ou « excédents » par rapport à la moyenne) ou trois (une teinte supplémentaire employée pour la moyenne). À ces catégories qui coïncident avec celles de Mayr, Cheysson en ajoute une quatrième qui intéresse un procédé qui n'est véritablement popularisé qu'en France, celle des *cartogrammes à courbes de niveau* : « elle revient à assimiler les faits qu'on veut exprimer à la hauteur d'un terrain au-dessus du niveau de la mer », en

57. *É. Cheysson, 1878, p. 11.*

58. Ibid., *p. 12.*

G. VON MAYR (1874)	É. CHEYSSON (1878)	L. A. BERTILLON (1878)	É. LEVASSEUR (1885)
DIAGRAMMES – par points – par lignes – par surfaces – par solides	DIAGRAMMES	REPRÉSENTATIONS PAR TEINTES – par couleurs – par nuances graduées d'une même teinte – par nuances graduées de deux teintes	FIGURES DE STATISTIQUE OU DIAGRAMMES – par points – par lignes – par surfaces – "diagrammes proprement dits ou courbes" (*i. e.* graphiques à coordonnées rectangulaires ou polaires).
CARTOGRAMMES – par points – par lignes – par surfaces – Cartes de flux (*"die Kartograme mit Bändern, welche die raumliche Bewegung von Massen darstellen"*) – Cartodiagrammes (*"die Kartogramme mit reinen Flächen Diagrammen in geographischer Position"*) – Cartes choroplèthes (*"die Kartogramme, auf welchen für die Abschnitte eines Landrichtes statistische Durschnittsverhältnisse in bestimmter Gruppirung durch Farbe oder Schraffur dargestellt werden"*)	CARTOGRAMMES – à foyers diagraphiques (*i. e.* cartodiagrammes) – à bandes (*i. e.*, cartes de flux) – territoriaux à teintes dégradées – à courbes de niveau	REPRÉSENTATIONS PAR FIGURES – par points – par lignes – par surfaces (*i. e.* par figures géométriques) – par solides (*i. e.* par figures stéréographiques)	CARTES DE STATISTIQUE OU CARTOGRAMMES – Cartes avec diagrammes – Cartes teintées par divisions administratives – Cartes avec courbes – Cartes en relief
			SOLIDES OU STÉRÉOGRAMMES

Fig. 88. *Tableau récapitulatif des classifications relatives à la statistique graphique.*

les traduisant par des « courbes de niveau statistiques[59] ». Cheysson en signale l'effet tout à fait saisissant, surtout lorsque l'espace inter-courbes est couvert de teintes différentes ou des nuances dégradées d'une même couleur. Dans ce groupe entrent non seulement les représentations nées de l'imagination de Lalanne, mais également les *cartogrammes météorographiques* (cartes par isothermes, isobares, isotères...) qui se développent alors considérablement, notamment dans l'*Annuaire météorologique* de Montsouris, sous l'impulsion du physicien Marié-Davy.

Émile Levasseur, en 1885, s'écarte peu de cette typologie, puisqu'il indique à propos des cartes de statistique, ou cartogrammes : « nous les classons en quatre espèces principales : les cartes avec diagrammes, les cartes teintées par division administrative, les cartes avec courbes, les cartes en relief[60] ». En dehors de la quatrième espèce, relative à des représentation en trois dimensions réelles, la seule originalité réside dans l'assimilation des cartogrammes à bandes à l'espèce des « cartes avec diagrammes ». Bien que cette position ne soit pas explicitée, on peut la comprendre dans la mesure où ce n'est pas la première fois qu'un statisticien considère le flux comme une sorte de diagramme rectangulaire dont la base, au lieu d'être une ligne droite, correspond au tracé de la voie de communication.

59. Ibid., *p. 14.*

60. *É. Levasseur, 1885, p. 18.*

La typologie présentée par Mayr, puis relayée par d'autres auteurs (*cf.* tableau de synthèse, figure 88) était selon Funkhouser destinée à devenir courante : « aujourd'hui encore, la majorité des auteurs européens s'écarte très peu de ce principe général[61] ». Dans la mesure où elle est un inventaire plus qu'une classification rationnelle (qui, même de nos jours, n'est pas clairement établie[62]), la description des espèces de cartes statistiques a surtout conservé sa valeur parce que les méthodes répertoriées au XIXe siècle sont demeurées d'usage courant. Pour le reste, ce n'est que sur le plan des critères généraux de différenciation (analyse de l'information et forme des signes) que nos statisticiens préfigurent les analyses actuelles. Mais ce qui frappe surtout à l'époque étudiée, c'est que les différents procédés qui sont décrits et classés ne sont pas toujours conçus comme les éléments complémentaires d'un même langage, mais envisagés souvent comme concurrents. On perçoit cette attitude chez Marey, qui se montre peu favorable aux cartes teintées, appliquées à la médecine. L'aire départementale lui paraît trop vaste, aussi « on peut imaginer qu'un département portant la teinte d'intensité moyenne renferme réellement, l'une à côté de l'autre, les deux régions extrêmes de fréquence et d'immunité pour une certaine maladie[63] ». Le procédé est donc « insuffisant à exprimer les relations variées que fournit la statistique, aussi est-il désirable de voir généraliser l'emploi d'un mode de représentation qui réunit à la fois la précision et la clarté. Nous voulons parler des courbes d'égal élément[64] ». Marey considère d'ailleurs que ce mode est destiné à se substituer bientôt aux cartes à plusieurs teintes. Louis Bertillon expose des conceptions tout à fait opposées, puisqu'après avoir décrit la méthode des courbes de niveau, appliquées à tout phénomène susceptible de mouvements de type topographique, il déclare : « cependant nous croyons que les teintes graduées, surtout avec fond figuré [...], traduisent plus clairement et surtout plus ostensiblement de tels mouvements, même de terrain, et que les lignes en gradin, précieuses pour les études de cabinet, perdent beaucoup de leur valeur si on les veut employer pour parler aux yeux du grand public[65] ». Auprès de Maurice Block, ce sont les cartes à bandes proportionnelles aux trafics qui sont plutôt en faveur. Block n'aime guère certaines cartes teintées bi- ou tricolores (voir plus loin le débat sur les règles graphiques), non plus que les cartogrammes : « nous attribuons moins d'importance à la grandeur des ronds qui représentent les villes plus ou moins populeuses, industrieuses, etc.[66] »

Chaque auteur privilégie une certaine méthode : Vauthier ou Turquan les isoplèthes, Cheysson les « cartogrammes à foyers diagraphiques », Block les cartes teintées monochromes... Mais ces préférences sont moins fondées sur une critique sémiologique que sur un jugement de valeur, parfois esthétisant. Le symbole le plus frappant de ces concurrences nous est fourni par les débats qui ont lieu au sein du Conseil supérieur de statistique, en vue de la publication de l'album graphique pour l'exposition universelle de 1878. Chaque statisticien de la commission spéciale pour l'album[67] tient à ce que l'on utilise sa méthode de prédilection. Turquan soutient la valeur des cartes par courbes de niveau, y compris à base départementale, mais beaucoup

61. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 335.*

62. Cf. *F. Joly, 1976, p. 31.*

63. *E.-J. Marey, 1878, p. 80.*

64. Ibid., *p. 81.*

65. *L. Bertillon, 1877, p. 11.*

66. *M. Block, 1886, p. 417.*

67. *Cette commission rassemble É. Cheysson, J. Bertillon, V. Turquan, É. Levasseur et E. Anthoine.*

émettent des réserves. Cheysson réclame que l'on retienne les cartogrammes à foyers. Il préconise le choix d'un système unique de cartes teintées, mais l'usage conjoint de la monochromie et de la bichromie est défendu par Levasseur. On aboutit finalement à un compromis dont nous avons examiné par ailleurs la teneur. Si les moyens graphiques n'apparaissent pas comme les instruments complémentaires du langage de la cartographie quantitative, c'est dans une large mesure parce que la série statistique est considérée comme un thème unique, homogène. Les procédés peuvent alors apparaître interchangeables, et le choix de l'un d'entre eux rejoint dans l'esprit de certains statisticiens la tâche d'uniformiser le langage graphique.

La standardisation

La classification des procédés, même si elle s'est souvent réduite à une sorte d'inventaire, était un préalable nécessaire, ne serait-ce que parce qu'elle contribuait à fixer plus rigoureusement la terminologie. Cependant, lorsqu'ils conçoivent le projet de discipliner la graphique, les statisticiens envisagent surtout d'uniformiser les procédés, à l'image de ce qu'ont accompli les réformateurs de 1802 pour la topographie. Les règles ou contraintes de dessin dans le domaine de la cartographie quantitative pouvaient-elles avoir la même efficacité qu'en cartographie générale ? Le traitement graphique d'une série statistique présente en effet d'autres contingences que celui de l'objet visible et circonscrit à la surface du sol. La question de l'uniformisation revêt en fait un double aspect : c'est le principe même qui est débattu, parallèlement à la réflexion sur le détail des règles graphiques.

Un objectif contesté

Pour mieux situer l'intervention des statisticiens français, il est nécessaire de retracer les origines de la discussion sur le principe de l'unification des méthodes graphiques.

Lors du congrès international de statistique qui se tient à Vienne, la sixième section, tout en donnant quelques conseils de méthode, laisse les signes à utiliser à l'appréciation des auteurs[68]. La question de l'opportunité de poser des règles en matière graphique est surtout abordée à partir de la réunion de La Haye, en 1869. Lors de cette session, J.M. Obreen, directeur du dépôt des cartes du ministère de la marine néerlandaise, présente un rapport sur la méthode graphique dans le cadre de la première section, « théorie de la statistique et application des données statistiques ». Ce rapport, ainsi que la discussion qui le prolonge lors de la séance du 8 septembre 1869, attestent du sentiment général qu'un effort est nécessaire pour édicter des lois graphiques. Sur le principe même, Obreen est alors loin de prôner un système

68. Cf. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 314.*

graphique universel : il se borne à quelques indications, conseils et recommandations pour les constructions, mais semble attendre le congrès suivant, où la méthode graphique doit être abordée plus largement. Cette prudence se justifie, puisqu'au cours des discussions du 8 septembre, un certain nombre de procédés sont confrontés, et que déjà bien des divergences apparaissent. Néanmoins, s'appuyant sur l'exemple de la standardisation des cartes géologiques, le docteur Ernest Engel, directeur du bureau de statistique de Prusse, proclame hautement « qu'il est de la plus grande importance d'arriver à l'uniformité [69] ». Engel conseille d'établir un rapport sur l'ensemble des procédés en usage, assorti de propositions visant à les uniformiser. Le docteur Janssens, médecin et statisticien bruxellois, présente le 11 septembre 1869 ses conclusions sur cette question, et annonce, en tant que responsable de la première section, qu'il surseoit à toute décision à l'égard de l'adoption de règles de construction graphique, renvoyant la balle à la commission organisatrice du congrès suivant.

À La Haye, « on décide ne rien décider [70] », ce qui prouve les difficultés considérables du problème, liées à la grande diversité des langages européens. Une résolution a toutefois été adoptée selon le vœu du docteur Engel : « Le congrès recommande la préparation d'un mémoire sur les différentes méthodes graphiques utilisées en statistique, et sur les moyens propres à rendre les tables graphiques uniformes et comparables [71] ». En fonction de cette directive, trois mémoires sont en fait présentés lors de la session de Saint-Petersbourg en 1872. Seuls deux d'entre eux intéressent directement la question de l'uniformisation [72]. *Anwendung der Kartographie auf Zwecke der Statistik*, rédigé par Adolf Ficker, directeur des services administratifs de statistique de Vienne, est consacré aux cartes. *Theorie der graphischen Darstellungen*, de H. Schwabe, chef du bureau municipal de statistique de Berlin, concerne surtout les diagrammes. Nous nous attacherons plus loin au détail des règles graphiques évoquées lors des congrès. Mais comment ces mémoires ont-ils fait progresser l'idée même de l'uniformisation ? Les contributions de Schwabe et Ficker sont discutées par la sous-section des méthodes graphique et géographique, dans le cadre de la section I du congrès, méthodologie de la statistique. Les rapports de cette première section sont présentés par Schwabe et Levasseur au vote du congrès : pour les diagrammes comme pour les cartogrammes, les résolutions proposées sont convergentes. Le rapport précise en effet au point 1 : « Le Congrès reconnaît qu'il n'est pas utile d'entrer dans le détail des méthodes à employer, ou des faits à représenter graphiquement », et au point 3 : « quant à l'uniformité des diagrammes, le Congrès déclare, contrairement à la résolution du Congrès de La Haye, qu'on ne peut imposer à cet égard aucune autre règle uniforme, car il s'agit seulement d'une application de la méthode graphique à la statistique comparée [73] ». La première section apporte la même réponse à la question de l'uniformité des cartogrammes, par la voix d'Émile Levasseur, bien que Ficker ait proposé dans son mémoire quelques points d'entente souhaitables.

69. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu des travaux de la septième session..., *1870, p. 68.*

70. *H.G. Funkhouser, 1937, p. 315.*

71. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu des travaux de la septième session..., *1870, p. 71.*

72. *Le troisième mémoire de G. von Mayr sur la méthode géographique est évoqué dans notre cinquième partie.*

73. *Congrès international de statistique, huitième session,* Rapports et résolutions..., *1872, p. 24. Il semble que le sens de cette phrase (voir les discussions qui suivent) soit que l'on prône l'application de la graphique à des statistiques* comparables, *c'est-à-dire rassemblées dans les différents États selon des méthodes et un cadre de classement identique.*

Ce rapport provoque une discussion animée lors de l'assemblée générale du Congrès [74]. Les points cités plus haut sont particulièrement critiqués. De nombreux statisticiens persistent à réclamer, non seulement des données comparables, mais encore des échelles, des dimensions semblables, et des méthodes uniformisées. Schwabe répond que les résolutions du congrès de La Haye ont été suivies, et que la question de la standardisation ne peut être résolue : « si vous réfléchissez, Messieurs, à ce problème, vous trouverez, je crois, [...] qu'il ressemble assez à celui de la quadrature du cercle [75] ». Schwabe défend les résolutions de la première section en s'appuyant sur les différences irréductibles des méthodes utilisées : « Regardez ces idées individuelles, si essentiellement différentes entre elles et vous reconnaîtrez qu'il est impossible de les rendre uniformes. Comment pourrait-on soumettre à l'uniformité tous ces enfants de la fantaisie et de l'esprit, dont les formes sont si caractéristiques et si remarquablement différentes entre elles ? [76] ». Selon le statisticien berlinois, des inconvénients particuliers entravent l'uniformisation, comme les contraintes de format ; mais de plus, il lui semble que la « comparabilité » serait une erreur : la représentation vaut par son individualité, qui ne doit pas être sacrifiée, et la vraie question, évoquée dans le rapport, est plutôt d'appliquer la méthode graphique à des données comparables. Émile Levasseur renchérit sur le point particulier des cartes : « comment convient-il de dresser ces cartes ? [...] Peut-on adopter une règle uniforme ? Doit-on imposer les mêmes couleurs ? Peut-on fixer le nombre de nuances et la valeur de chacune d'elles ? Évidemment non. Pour les cartes, comme on vous le disait tout à l'heure pour les diagrammes, il est nécessaire de laisser aux auteurs la plus grande liberté [77] ». Ne pas stériliser la création graphique, voilà sans doute le principal argument de Levasseur : « votre première section a pensé que, voulant encourager et développer les méthodes graphiques, elle irait contre le but et entraverait les progrès de l'œuvre en emprisonnant les artistes dans des règles trop étroites [78] ». Malgré tout, l'opinion de certains statisticiens, tel Engel, conduit le congrès à voter un compromis : la résolution « nulle règle uniforme ne peut être imposée » devient « le moment n'est pas encore venu de proposer des règles uniformes [79] ». Bien que cette position paraisse ménager l'avenir, la question ne sera plus débattue lors des congrès. Seule la commission permanente se penchera à nouveau sur la question de la standardisation, mais pour rejeter toute nouvelle discussion. À l'approche du congrès de Budapest, cette commission se réunit à Stockholm en 1874. Mayr présente à cette occasion, nous l'avons mentionné, son mémoire sur la méthode graphique et géographique. Ce thème est également l'objet d'une contribution du hongrois Janos Hunfalvy. Cependant, la commission ayant pour charge de mettre en place le programme du congrès suivant, Mayr estime trop récentes les résolutions de Saint-Petersbourg relatives à la méthode graphique pour que l'on puisse envisager leur révision. Par un vote, la commission permanente écarte cette question du programme du congrès de Budapest [80].

74. *Sur ce débat, voir également H.G. Funkhouser, 1937, p. 318-319.*

75. *Congrès international de statistique, huitième session,* Rapports et résolutions..., *1872, p. 22.*

76. Ibid., *p. 23.*

77. Ibid., *p. 31.*

78. Ibid., *p. 32.*

79. Ibid., *p. 25.*

80. *Congrès international de statistique, Commission permanente,* Compte-rendu des conférences de Stockholm..., *1874, p. 14.*

En 1878, une quatrième session de la commission permanente se tient à Paris. Émile Cheysson, qui en est devenu membre, revient à la charge : faisant valoir les progrès acquis en cartographie statistique depuis le congrès de Budapest, il réclame à nouveau la préparation d'« une sorte de code ». Le docteur Engel lui fait observer que l'on s'est déjà occupé des cartes à Vienne et Saint Petersbourg, et que les méthodes n'étant pas fixées sur le plan international, le soin des cartes statistiques a été abandonné à l'initiative de chaque auteur. Cheysson est toutefois chargé d'un nouveau rapport sur la statistique figurée. De rapport en proposition, la discussion se prolonge à la fin du siècle. La pratique standard est évoquée par Cheysson, ou Vauthier, mais l'attitude des statisticiens français est aussi peu arrêtée qu'au niveau international. En 1885, Émile Levasseur rappelle son opinion lors de la célébration du jubilé de la Société de statistique de Londres : « quelques statisticiens ont essayé de formuler des règles pour la construction des graphiques et de fixer en quelque sorte cette langue scientifique, comme on a fixé la notation chimique. Sans doute, les mathématiciens ont à déterminer les procédés géométriques qui répondent le mieux à l'expression figurée des nombres ; mais ils n'ont pas à imposer des types déterminés de représentation. Il y a là matière à classifier, ainsi que nous avons essayé de le faire, plutôt qu'à réglementer[81] ».

81. *É. Levasseur, 1886, p. 225. Voir aussi É. Levasseur, 1885, p. 32.*

À la fin du siècle, les discussions, informelles, sur le thème de l'uniformisation ne permettent pas en définitive de revenir sur les résolutions de 1872. En 1876 a lieu le dernier congrès international de statistique, à Budapest. Le congrès prévu à Rome pour 1880 est annulé. Le relais est pris par un Institut international de la statistique, dont les sessions se tiennent tous les deux ans, à partir de 1885. Nous en retiendrons une nouvelle tentative des statisticiens français pour relancer le débat, en 1901 : lors de la huitième session de l'Institut, tenue à Budapest du 29 septembre au 4 octobre 1901, le docteur Jacques Bertillon présente ses *Propositions relatives à l'uniformité à apporter dans l'établissement des graphiques*[82]. Il s'agit d'un travail de réglementation préparé en association avec É. Cheysson et M. Fontaine, directeur du travail au ministère du commerce. Selon J. Bertillon, « l'uniformité complète ne peut être espérée. Peut-être même n'est-elle pas désirable. Il serait en effet regrettable d'emprisonner la statistique graphique dans un cadre étroit ; il faut lui laisser la liberté de faire d'heureuses trouvailles, mais il faut lui refuser celle de faire des fautes d'orthographe. Il faut donc signaler celles qui sont les plus fréquentes, pour éviter qu'on y retombe. On peut faire un peu plus encore, on peut formuler certaines conventions élémentaires qui pourront servir de règles toutes les fois qu'un auteur n'aura pas de motif déterminant pour s'en écarter[83] ». Malgré les prudences de langage, qui paraissent faire écho aux réserves de Levasseur, l'« orthographe » et les « conventions » de Bertillon rappellent à l'évidence la « grammaire » et la « syntaxe » de ses prédécesseurs et, sur le fond, le débat entre les statisticiens n'a pas évolué : s'opposent toujours les partisans des règles plus sommaires et ceux qui prônent des conseils plus complets. Alfred de Foville, lors de la discussion du 3 octobre 1901, incarne les premiers, persistant à considérer que « tout essai de réglementation aurait, dans l'état actuel des choses, plus d'inconvénients

82. *Voir J. Bertillon, 1901, p. 313-318.*

83. Ibid., *p. 313.*

que d'avantages[84] » : il faut selon lui demeurer très large, et ne décourager aucune initiative intelligente. Inversement, le professeur L. von Bortkiewicz, de l'Université de Berlin, trouve le rapport de Bertillon trop sobre, particulièrement sur les points les plus controversés[85].

Le fait que Bertillon, Cheysson et Fontaine aient eu eux-mêmes quelque peine à s'entendre sur les règles proposées souligne encore l'acuité du problème. Finalement, à la demande d'A. de Foville, il n'y aura pas de vote sur les propositions de Bertillon, et ce dernier conclut la discussion avec une ironie quelque peu amère, tout en nous faisant mesurer l'importance de l'enjeu de l'uniformisation : « La question n'est pas nouvelle. On peut dire qu'elle remonte au temps des premiers pharaons ! À cette époque l'écriture n'était que figurative et précédemment, sans doute, elle n'était même pas conventionnelle. Il est bien probable qu'alors quelques sculpteurs d'inscriptions, dont [je] m'honore d'être le descendant intellectuel, ont soutenu que si on faisait reposer les figurations sur des conventions stables et nettement formulées, on donnerait aux hiéroglyphes une clarté et par conséquent une valeur qu'ils n'avaient pas auparavant [...]. Il est vraisemblable aussi qu'à cette thèse d'autres grands prêtres, plus conservateurs, ont opposé des arguments analogues à ceux que M. de Foville vient de formuler. Et pourtant c'est de ces conventions plus rigoureuses que devait sortir notre écriture[86] ».

Faute d'un réel progrès dans l'établissement d'une grammaire graphique qui recueille l'unanimité, l'avis de Schwabe ou de Levasseur est le plus largement partagé. Un auteur comme Maurice Block, dans les éditions successives de son traité de statistique, exclut toute possibilité de comparer les formes graphiques : « certains principes généraux s'imposent à tous, mais les détails d'exécution dépendent 1) du format de la publication, 2) de la nature des renseignements présentés, 3) du nombre de renseignements, 4) du goût du rédacteur[87] ». En effet, « pourquoi défendrions-nous au goût du rédacteur de s'exprimer ? Parce qu'un auteur aura employé des carrés ou des triangles, tout le monde sera-t-il condamné à suivre le même procédé ?[88] ». Individualité de l'œuvre graphique ou comparabilité ? Souplesse ou rigueur d'exécution ? Ces oppositions recouvrent, et le vocabulaire employé par les statisticiens invite à le penser, le balancement entre une conception artistique de la méthode graphique, ménageant subjectivité et créativité, et l'assimilation, moderne mais encore peu partagée, de l'image à un langage, réclamant la convention. Si la position « libérale » prévaut, c'est en raison de l'impasse des discussions sur les règles graphiques. L'ensemble des statisticiens réalise que si des méthodes voisines sont désirables, la plupart de celles qui sont mentionnées, notamment lors des congrès, sont impraticables. Ceci ne veut pas dire cependant, comme nous allons le voir, qu'aucun résultat n'a été obtenu sur le plan sémiologique.

84. Ibid., *p. 132.*

85. Ibid., *p. 133.*

86. Ibid., *p. 137.*

87. *M. Block, 1878, p. 396.*

88. Ibid., *p. 397.*

La question des paliers de valeur : le sur-mesure ou la confection ?

Si l'on s'attache au détail des règles envisagées en statistique graphique, on peut observer que la codification de la carte teintée suscite la principale

controverse, et que les désaccords persistants à son sujet sont pour une grande part à l'origine de l'abandon du principe de standardisation. Nous avons pu mesurer la variété des applications de la méthode de Dupin. Les deux questions qui se posent en matière de standardisation sont les suivantes : comment diviser la série numérique à représenter, et comment former la gamme des teintes ?

Dès 1857, l'autrichien V. Streffleur et l'allemand P. Sick font certaines recommandations, dans le rapport de la sixième section du congrès de Vienne, sur cette méthode « si souvent utile » de la carte teintée : « *a)* dans le but de diminuer la dépense de la publication, seulement trois couleurs principales doivent être utilisées. L'accroissement du nombre de teintes peut être obtenu par le seul usage de lignes de couleur, simples ou croisées. *b)* Les districts à comparer seront divisés en autant de groupes qu'il y a de couleurs utilisées, ce qui permettra la comparaison, non seulement des différents districts selon un seul phénomène, mais également de différents phénomènes pour le même district. *c)* 12 classes ou divisions permettent d'établir une graduation facile à distinguer, et de passer si nécessaire à une échelle de 6, 4 ou 3 classes. *d)* La proportion la plus forte doit être indiquée par la teinte la plus foncée [...]. *f)* L'utilité de la représentation peut être accrue par une légende. Celle-ci devrait indiquer l'échelle des couleurs divisée en classes, le numéro dans l'ordre des divisions administratives correspondant à chaque classe, leur nom, les données numériques spécifiques, les chiffres absolus qui ont servi de base au calcul de ces données[89]. » Avec la classification des formes graphiques que nous avons déjà présentée, ces conseils sur la carte teintée contribuent beaucoup à la réception très critique réservée à Vienne au rapport sur la méthode graphique. Certains principes ne sont guère contestables, comme la correspondance forte proportion/teinte foncée, ou encore l'élaboration d'une légende des paliers de valeur. Ils vont dans le sens d'une communication cartographique plus efficace. Ils sont, à notre connaissance, affirmés pour la première fois de manière aussi nette. Quant à la correspondance entre couleurs et groupes de districts (proposition *b*), elle peut paraître surprenante, puisqu'il s'agit de déterminer, les seconds en fonction des premières, plutôt que l'inverse, et ceci à des fins comparatives. En fait, les statisticiens présents à Vienne se trouvent divisés sur presque tous les points évoqués, et la plupart rejettent en particulier le choix arbitraire de 3 couleurs et de 12 groupes, d'autant que la question de la formation de ces groupes n'est pas même abordée. Sur ce thème, une fois encore, les décisions définitives sont reportées aux sessions suivantes. Le débat est cependant lancé : l'uniformisation passe-t-elle par le choix d'une méthode de division unique des séries statistiques, et dans l'affirmative, laquelle choisir ?

Les partisans de la méthode unique vont surtout confronter leurs thèses lors du congrès de La Haye, et c'est par rapport à celles-ci que les statisticiens français, par la suite, prendront position. Le Néerlandais Obreen indique dans le rapport sur la méthode graphique qu'il présente à La Haye qu'« il paraît nécessaire d'établir une échelle de couleurs et d'employer constamment les mêmes nuances pour la représentation graphique des mêmes

89. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu de la troisième session..., *1858, p. 402.*

sujets[90] ». Lors de la discussion en assemblée générale, la question de l'échelle des teintes préoccupe cependant moins que le mode de formation des intervalles numériques. Sur ce problème particulier, la controverse s'ouvre entre Ficker et Mayr. Selon Ficker, « le procédé le moins arbitraire consiste certes à ne pas diviser la série des nombres, comme d'ordinaire en subdivisions de dix à dix ou de cent à cent et ainsi de suite ; mais à prendre toute la série des nombres, en considérant les plus grands espaces qu'on rencontre toujours dans de longues séries de chiffres comme des bornes que nous offre la nature pour nous guider dans nos subdivisions en groupes[91] ». Mayr est d'accord pour former scientifiquement les groupes, et écarte de même les divisions à intervalles réguliers, mais il désapprouve la proposition de Ficker : « je ne crois pas qu'on ait le droit de rechercher s'il y a des groupes naturels. Selon moi le seul principe scientifique consiste à rechercher le maximum et le minimum d'une série de faits et de nombres, à déduire le minimum du maximum, à diviser la différence des deux nombres en parties égales et à représenter sur la carte les différences du maximum et du minimum par exemple par des nuances différentes de couleurs[92] ». Dans ce procédé, Mayr voit l'avantage de faire apparaître non seulement les groupes qui existent, mais encore ceux qui n'existent pas : parmi les intervalles réguliers obtenus, certains peuvent ne contenir aucune donnée numérique. Le congrès de La Haye, on s'en souvient, surseoit à toute décision en matière de règles graphiques. Par la suite, Ficker et Mayr réaffirment leurs positions, le premier dans le rapport qu'il présente au congrès de 1872, le second dans ses ouvrages de 1874 et 1877.

Groupement naturel, ou groupement artificiel déterminé mathématiquement ? Entre ces deux pôles de la problématique vont s'établir, avec de subtiles variations, les choix des statisticiens. En France, les premières précisions méthodologiques à ce sujet nous sont données en 1877. Le *Journal de la Société de statistique de Paris* se fait l'écho d'un article particulièrement élogieux de Georges Renaud, dans la *Revue géographique*, sur les principes adoptés par Toussaint Loua, appliqués par exemple à l'*Atlas statistique de la population de Paris*[93]. Loua paraît rejoindre les thèses du statisticien autrichien, puisqu'il explique que sa méthode « consiste à classer les valeurs, quantités ou rapports qu'il s'agit d'étudier, en groupes naturels, au lieu de les classer, comme on le fait communément, en un certain nombre de groupes égaux[94] ». Pratiquement, Loua s'écarte cependant des directives de Ficker. Ainsi explique-t-il qu'après avoir déterminé le nombre de teintes à utiliser (cinq de préférence mais non absolument), le point principal de sa méthode consiste à établir « la série moyenne » : « il suffit d'observer dans la série des nombres décroissants que l'on étudie celui qui est égal à la moyenne ; cela fait, on suit, en montant, les rapports qui précèdent ce terme jusqu'au point où il se manifeste un écart bien déterminé. Partant alors de ce point, on trouve la limite inférieure, en assujettissant la demi-somme des termes extrêmes à être égale au chiffre moyen[95] ». L'intervalle moyen ainsi obtenu, « il ne reste plus qu'à trouver le point de séparation de la série des rapports maxima et de celle des rapports minima[96] ». En fait, bien que Loua

90. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu des travaux de la septième session..., *1870, p. 65.*

91. Ibid.*, p. 66.*

92. Ibid.*, p. 68. Soit* M *le maximum de la série de nombres,* m *le minimum, et* x *le nombre de subdivisions envisagées, (M - m) / x fournit l'étendue des intervalles.*

93. *Voir le* Journal de la Société de Statistique de Paris*, 18, 1877, p. 27-28.*

94. Ibid.*, p. 27.*

95. Ibid.*, p. 28.*

96. Ibid.

récuse, dans un article postérieur, « la méthode des échelles fixées d'avance[97] », sa méthode n'est pas si « naturelle » : d'abord, le nombre d'intervalles recherché est le plus souvent fixé avant le groupement des données. Ensuite, si l'on recherche bien un écart naturel pour séparer la série moyenne des séries maxima, la limite inférieure de la série moyenne est fixée de manière artificielle[98].

Block et Vauthier, s'exprimant sur ce sujet en 1878, préfèrent ne pas trancher entre le groupement naturel et le groupement artificiel. Block prétend moduler l'opération en fonction de l'allure de la série statistique : le groupement naturel est possible lorsqu'il y a une solution de continuité dans la série des nombres, quand « la nature indique ou commande ce qu'il faut faire[99] ». Mais quand l'indication manque, hypothèse que, curieusement, ni Ficker ni Loua n'envisagent, « que faire, sinon de l'arbitraire, c'est-à-dire un classement par sommes rondes (10 à 20, 20 à 30, etc.)[100] ? » L'ingénieur Louis Vauthier choisit plutôt de renvoyer dos-à-dos les deux doctrines : si l'échelonnement régulier lui paraît le seul mode rationnel, il aboutit parfois à de mauvais résultats visuels, car certains groupes peuvent contenir un nombre très considérable de termes, et d'autres très peu, voire aucun ; alors, « au lieu d'une marquetterie d'aspect varié, on n'a plus qu'une surface unicolore dans presque toute son étendue, sur laquelle se détachent seulement, de loin en loin, quelques circonscriptions plus ou moins foncées[101] ». En revanche, si l'effet visuel résultant du mode naturel est plus satisfaisant, il paraît à Vauthier d'une relative fausseté : « dans certaines parties de la carte se trouvent rangés dans la même teinte des degrés d'intensité qui, dans d'autres endroits, sont séparés par 2, 3 et parfois un bien plus grand nombre d'échelons[102] ». La mise en relief des défauts de chaque méthode est d'ailleurs l'occasion, pour Vauthier, de préconiser l'usage des courbes isoplèthes.

Il ne manque pas, cependant, d'auteurs français pour suivre la méthode de Mayr : s'il faut choisir une méthode unique, celle-ci passe par la détermination mathématique des groupes de nombres. Le mode naturel exige trop de tâtonnements, et ne peut garantir l'homogénéité des travaux cartographiques (à chaque série statistique correspond son échelle de teintes). Louis Bertillon, dans ses conseils pour la géographie médicale, distingue deux méthodes de groupement : après avoir rangé les données statistiques par ordre de grandeur, « ou l'on met en faisceau *un même nombre de valeurs successives*, sans tenir autrement compte de leur différence de grandeur ; dès lors, c'est ce nombre égal qui devient la raison du groupement ; ou bien l'on ne réunit ensemble que les valeurs successives dont les différences ne dépassent pas une grandeur donnée, c'est alors cette grandeur, ou *module de précision* (Quételet) qui devient la raison du groupement[103] ». Or, pour Bertillon, c'est bien le second mode qui est le moins artificiel, puisqu'il a pour loi la ressemblance des valeurs réunies, au module près. Quant à ce module, sa meilleure détermination, confirme Bertillon, sera présumée « d'après le quotient obtenu en divisant les deux grandeurs extrêmes de toute la série des valeurs premières, par le nombre, plutôt impair, de groupes que l'on croit pouvoir figurer[104] ». Le médecin français se démarque cependant de Mayr,

97. *T. Loua, 1884, p. 184.*

98. *Soit* M *la donnée moyenne, et* X *la valeur supérieure à la moyenne, à partir de laquelle on constate un écart naturel dans la série numérique.* X *est donc choisie comme limite supérieure de la « série moyenne ». La limite inférieure est alors* Y, *telle que* $(X + Y) / 2 = M$. *Aucun écart naturel n'est pris en compte dans cette détermination de* Y.

99. *M. Block, 1878, p. 390.*

100. Ibid.

101. *L.L. Vauthier, 1878, p. 13.*

102. Ibid.

103. *L. Bertillon, 1877, p. 7. La distinction faite ici se retrouve dans les classifications contemporaines, distinguant les méthodes de discrétisation mathématiques, fondées sur les valeurs de la variable, et les méthodes de discrétisation statistiques et probabilistes, reposant sur une étude des fréquences de la variable. La mise en faisceau d'un même nombre de valeurs successives est dite aujourd'hui « méthode des quantiles ». Sur l'approche moderne du problème, voir en particulier I. Evans,* « The selection of class intervals », Transactions of the Institute of British Geographers, *2 (1), 1977, p. 98-124, et C. Cauvin, H. Reymond, A. Serradj,* Discrétisation et représentation cartographique, *Montpellier, 1987.*

104. *L. Bertillon, 1877, p. 7.*

puisqu'il envisage la possibilité de modifier cette règle, « 1°) parce que des valeurs extrêmes, bizarrement exceptionnelles, peuvent et même dans quelques cas doivent être négligées dans cette détermination ; 2°) parce qu'il est désirable [...] que la valeur médiane et moyenne tombe dans le groupe central ou fort près de lui ; 3°) et surtout parce qu'il est excellent que la moitié du nombre des grandeurs relevées et se rapprochant le plus de la moyenne (en plus ou en moins, dites valeurs médianes) soit comprise exactement dans les 1, 3 ou 5 groupes centraux ; dès lors, la différence entre les deux grandeurs limites des valeurs médianes, divisée par le nombre de groupes entre lesquels on veut les partager, fournira, sans doute, la meilleure détermination du module recherché[105] ».

105. Ibid., *p. 7-8.*

Le docteur Jacques Bertillon, dans son cours de statistique de 1896, se range également au mode de groupement préconisé par Mayr, tout en conservant l'idée exprimée par son père d'éliminer les chiffres exceptionnels de la série numérique pour calculer le module : le blanc et le noir, dans la gamme des valeurs, seront réservés sur la carte aux régions ou départements affectés de ces statistiques excentriques[106]. En 1901 encore, les propositions de réglementation présentées par les statisticiens français à l'Institut international de statistique comprendront une règle similaire. À cette date, le nom de Cheysson est associé à l'initiative de J. Bertillon. Malgré tout, Cheysson apparaît par ailleurs comme le principal défenseur, en France, du mode naturel. Dans un opuscule de 1887, il condamne sans ambages la méthode artificielle de Mayr à partir d'exemples significatifs : ainsi, dans l'hypothèse de la détermination de sept groupes, l'application du procédé aux données de densité au kilomètre carré des départements français donne un résultat fort peu satisfaisant : « le premier groupe comprendrait tous les départements moins la Seine, renvoyée au septième groupe, et les groupes intermédiaires resteraient vides[107] ». Cheysson rejette ce palliatif qui consiste à éliminer d'une série numérique les grandeurs exceptionnelles. « À mon sens, conclut-il, le mode de groupement doit dépendre de l'allure de chaque phénomène statistique et se plier à ses exigences. Il faut là un vêtement sur mesure et non une de ces confections banales qui, sous prétexte d'aller à tout, ne vont à rien[108] ». Mais, pour répondre au problème de la comparabilité des représentations, Cheysson cherche à faciliter le passage du cartogramme isolé à « une série de cartogrammes afférents à des faits homogènes et de même famille[109] ». Il propose dans cette optique de substituer à la série statistique initiale une nouvelle série, construite à partir du calcul de l'écart à la moyenne, ainsi qu'il l'avait fait peu de temps auparavant dans l'*Album de Statistique graphique*[110]. Par ailleurs, Cheysson parfait la méthode de Ficker en préconisant la construction d'un diagramme auxiliaire pour mieux saisir les divisions naturelles d'une série numérique.

106. *J. Bertillon, 1896, p. 141.*

107. *É. Cheysson, 1887, p. 2.*

108. Ibid.

109. Ibid., *p. 3.*

110. *Voir en 4e partie, note 46.*

On le constate, la cartographie par teintes graduées est très largement soumise à l'interprétation des données par le rédacteur. Une même information peut ainsi aboutir à des images différentes, car plusieurs règles de discrétisation coexistent. Actuellement, ces méthodes sont au nombre de plusieurs centaines. La cartographie contemporaine rencontre toujours les contraintes

de logique (choix du nombre de classes), les contraintes techniques (nombre de teintes techniquement réalisables) et les contraintes visuelles (nombre de teintes séparables par le lecteur). Cependant, elle a définitivement opté pour le « sur-mesure ». Les choix sont déterminés par l'allure des séries statistiques, à l'aide de nouveaux outils graphiques ou mathématiques. Les méthodes n'apparaissent pas concurrentes, mais complémentaires. Ce n'est pas le cas au XIXe siècle, et les choix individuels contribuent à l'échec d'un projet d'uniformisation qui se trompe d'objectif, d'autant que parallèlement au problème de la division des séries se pose celui de la gamme des teintes.

La formation des échelles de teintes

Le problème posé par la carte teintée n'est pas purement mathématique : à l'occasion du débat sur la méthode unique sont encore confrontées différentes solutions graphiques. Pour traduire les degrés d'intensité d'un phénomène dans leurs rapports géographiques, trois procédés principaux sont utilisés au XIXe siècle : les nuances graduées d'une même teinte, les nuances graduées de deux teintes, et les couleurs différentes.

La monochromie domine la production cartographique de la période. Dans l'optique d'une standardisation graphique, le système monochrome, c'est-à-dire l'usage de grisés ou de nuances d'une seule couleur, s'avère le choix le plus simple, le plus évident. Ficker et Mayr, lors du congrès de La Haye, sont d'accord sur ce point. En France, Maurice Block compte au rang des partisans de ce procédé. Dans cette attitude de plusieurs statisticiens, il ne faut pas négliger les impératifs financiers : avec une seule couleur, « le travail peut être exécuté à peu de frais » indique Ficker [111]. Ces considérations ne sont jamais absentes du débat des statisticiens, et la monochromie permet de réduire notablement les dépenses de publication, surtout si l'on forme les teintes avec des lignes ou croisillons plus ou moins serrés. Mais l'usage de la monochromie relève également d'une logique sémiologique : « Puisqu'il s'agit, disent beaucoup de statisticiens, d'un seul ordre de faits variant d'un lieu à un autre, non en genre, mais en intensité, il convient de les figurer par des teintes graduées d'une même couleur [112] ». L'accord sur la monochromie n'empêche cependant par les dissensions sur le nombre de nuances, ou paliers : Block tient pour impossible la réalisation de dix groupes, et donc de dix teintes graduées, que proposent à La Haye Ficker et son collègue bavarois Mayr : « nous n'en distinguons même pas huit. Nous proposerions de ne pas dépasser en principe le nombre de cinq [...]. On peut – exceptionnellement – avoir besoin de 6 ou 7 groupes, mais en général, c'est trop [113] ». En fait, le nombre de paliers ne paraît pas pouvoir être soumis à réglementation, et la plus grande variété règne à ce sujet. Aux choix subjectifs ou aux impératifs techniques s'ajoutent des considérations relatives à la perception, car il s'agit d'obtenir des tons suffisamment distincts. Dans les recommandations de plusieurs statisticiens, tel Block ou Vauthier, transparaît déjà la notion moderne d'écart sensible.

111. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu de la septième session..., *1870, p. 65-66.*

112. *É. Levasseur, 1885, p. 21.*

113. *M. Block, 1878, p. 390.*

Si la monochromie est reconnue comme le système le plus usité et le plus populaire (« le plus accessible aux masses » écrit Cheysson[114]), plusieurs auteurs français lui reprochent certains défauts, comme le fait de masquer la moyenne de la série numérique figurée, et développent à partir des années 1875-1880 des procédés reposant sur l'usage de deux gammes de teintes. Parmi eux, Émile Levasseur conseille l'utilisation du bleu, en valeur croissante du minimum jusqu'à la moyenne de la série, et du rouge, en valeur croissante de la moyenne jusqu'au maximum de la série. En 1878, Émile Cheysson et Louis Bertillon émettent quelques réserves sur cette méthode. Cheysson avance l'idée d'une représentation en blanc sur la carte des espaces affectés d'une donnée numérique proche de la moyenne[115]. Cette combinaison lui semble préférable, et il l'applique dans l'*Album de statistique graphique*. Bertillon relève pour sa part la « brusque scission » que fait naître le procédé de Levasseur dans la succession des teintes, puisque dans l'échelle obtenue, la plus faible nuance de rouge succède à la plus forte nuance de bleu, alors que dans les faits, « les degrés d'intensité du phénomène se rapprochent et se pressent de plus en plus autour de la moyenne[116] ». Aussi préconise-t-il la bichromie, mais en inversant le sens de variation de la gamme de valeurs correspondant aux nombres inférieurs à la moyenne. Ainsi dans l'échelle des teintes, les nuances les plus faibles de chaque couleur se succèdent. En 1885, Levasseur fait mention des critiques adressées à son procédé. S'il admet que les régions d'une carte à peu de distance de la moyenne sont séparées dans le graphisme de manière trop absolue, il se refuse à adopter les solutions de Cheysson ou Bertillon : « nous préférons marquer de croix ou de points, par l'impression en noir, la catégorie la moins intense du rouge et la catégorie la plus intense du bleu, et les réunir ainsi par ce signe commun qui en fait une zone moyenne, sans cependant altérer la notion si simple de la région où il y a peu et de la région où il y a beaucoup[117] ».

L'emploi de deux gammes ne constitue pas un réel progrès, car le lecteur les mélange spontanément en une unique gamme de valeur[118]. Mais au-delà de ces questions de lisibilité, cette méthode est loin de recueillir l'unanimité. Block s'étonne que l'on puisse appliquer deux couleurs à un unique phénomène : « c'est un moyen un peu grossier, qui fait oublier que le haut et le bas de la même échelle ne sont pas deux objets distincts[119] ». De même, l'ingénieur Louis Vauthier y voit un procédé peu justifiable, sauf si « le phénomène à exprimer comporte, en un certain point, une inversion de sens » (cas d'un solde migratoire positif ou négatif) ou « si la moyenne générale joue un rôle prépondérant dans le phénomène représenté[120] ». Ainsi, la préférence de quelques auteurs pour la bichromie, bien que sans grande influence sur la production cartographique, apparaît comme un nouvel obstacle sur la voie de la méthode unique. En revanche, une certaine unanimité se dégage contre l'utilisation d'une échelle de couleurs différentes, ce qui révèle la prise de conscience des propriétés de certaines variables graphiques.

Fréquemment utilisée pour traduire des catégories de phénomènes d'ordre différent, la carte chorochromatique est peu utilisée en statistique, pour l'expression des degrés d'intensité d'un fait quantitatif. Seuls deux auteurs de

114. *É. Cheysson, 1887, p. 2.*

115. *É. Cheysson, 1878, p. 13.*

116. *L. Bertillon, 1877, p. 9.*

117. *É. Levasseur, 1885, p. 23-24. Cette méthode est notamment appliquée par Levasseur à deux cartes de densité publiées dans le* Bulletin de l'Institut international de la statistique, *1885, p. 114 et 1887, p. 242.*

118. *Selon J. Bertin, 1973, p. 87, « le mélange de deux gammes est une source de confusion visuelle dans la transcription d'une composante ordonnée. »*

119. *M. Block, 1886, p. 417.*

120. *L.L. Vauthier, 1878, p. 16.*

notre période semblent y avoir largement recouru. C'est le cas, nous l'avons évoqué, de Toussaint Loua en 1876, pour l'*Atlas statistique de la population de Paris*, et de J. Manier, qui construit selon ce procédé la plupart de ses cartes sur l'instruction populaire. Loua et Manier, comme tant d'autres, se félicitent des qualités de la communication visuelle obtenue. Pourtant, la couleur est une variable inadaptée à l'expression d'une information ordonnée : le lecteur ne peut rétablir spontanément l'ordre des catégories. Force est de relativiser, à nouveau, le discours sur l'efficacité de l'image, servi avec une automaticité suspecte. La plupart des statisticiens ont cependant clairement repéré les défauts du procédé, son impropriété. « Nous considérons ce procédé comme irrationnel. Il ne mérite pas qu'on s'y arrête » écrit Block[121]. En effet, la couleur permet de différencier des phénomènes (« la diversité des couleurs n'est applicable qu'aux cartes destinées à rapprocher des données différentes », précise Block[122]) ou de les associer (« le seul avantage bien frappant de ce mode, selon Vauthier, c'est de faire discerner du premier coup, dans les diverses parties de la carte, les zones placées à la même hauteur[123]. »). Mais cette variable ne s'ordonne pas spontanément, et son utilisation demande un « coût mental » supérieur pour le lecteur. J. Bertillon indique en 1896 : « je crois mauvais l'usage de plusieurs couleurs, parce que la mémoire ne peut pas se rappeler leur valeur conventionnelle. Par exemple s'il s'agit de représenter graphiquement la richesse des diverses parties d'un territoire, on ne se rappellera pas si le bleu signifie une richesse plus grande que le rouge, et celui-ci une richesse plus grande que le bistre. On sera donc sans cesse obligé de consulter l'échelle des teintes, ce qui revient à dire que le cartogramme sera confus[124] ». En 1901, ces conclusions sont reprises sous forme de règles, dans les propositions faites à l'Institut International de Statistique.

La mémoire ne peut se rappeler la valeur conventionnelle de plusieurs couleurs. Pourtant, L. Vauthier s'écartera de ce principe non sans habileté, en appliquant aux cartes par isoplèthes une échelle de couleurs inspirée des aspects naturels de la topographie. D'après Cheysson, « il place au sommet du phénomène, pour en figurer le maximum, la couleur blanche, celle des neiges éternelles ; au-dessous, le vert, qui répond aux forêts, puis le jaune des cultures de plaine, et enfin, au plus bas, au minimum, le bleu des eaux. L'idée est ingénieuse, mais l'effet produit est, en somme, assez peu satisfaisant[125] ». L'ingéniosité de cette méthode tient en fait à l'exploitation d'un réflexe perceptif, acquis par la lecture des cartes topographiques. Mais cette échelle ne correspond à aucun ordre du spectre des couleurs et ne peut de toute façon être efficacement étendue aux cartes choroplèthes[126].

121. *M. Block, 1878, p. 394.*

122. Ibid.

123. *L.L. Vauthier, 1878, p. 15.*

124. *J. Bertillon, 1896, p. 141. Nous dirions aujourd'hui que cette convention ne permet qu'une* lecture élémentaire *de l'image.*

125. *É. Cheysson, 1878, p. 13.*

126. *En appliquant des couleurs aux cartes par courbes d'égal élément, la continuité de l'échelle de teintes est établie sur le plan, ce qui n'est pas le cas pour des cartes choroplèthes.*

Le bilan théorique

La grammaire graphique progresse par tâtonnements, et les résultats les plus intéressants ne sont pas toujours ceux qu'escomptaient les statisticiens. Si l'analyse de l'information est encore primaire, l'étape de transformation des données est intégrée à la démarche du cartographe, à travers les calculs de

moyenne, d'écarts à la moyenne, la division « scientifique » des séries ou la construction de diagrammes auxiliaires. D'autre part, si le débat sur l'uniformisation aboutit à un constat d'échec, il permet d'avancer des remarques originales et utiles. Ainsi, en dehors des propositions portant sur les cartes teintées, les statisticiens abordent non sans résultat les questions de lisibilité. Le dépouillement et la simplicité semblent devoir se substituer à l'inventaire et à l'accumulation, selon une évolution parallèle à celle de la topographie. En 1857, les conseils de Streffleur lors du congrès de Vienne incluent « l'usage de signes simples, comme lignes, croix, carrés ou cercles, de préférence aux signes figuratifs [127] ». Dans le même esprit, Obreen conseille lors du congrès de La Haye, pour construire le fonds de carte, « le même degré d'exactitude et de précision qu'on exige de bonnes cartes géographiques », mais il recommande la sobriété dans ces emprunts de la statistique à la topographie, « car l'abondance nuit autant que le défaut de détail [128] ».
Certes, dans ce domaine, pas plus que pour la carte teintée, ne s'établit de consensus. Ainsi à La Haye se développe une querelle des anciens et des modernes, concernant l'emploi des signes statistiques figuratifs ou géométriques. La réflexion théorique favorise néanmoins la diffusion progressive d'un principe de clarté, dont on trouve de nombreux échos en France. Dans cet esprit, Block s'efforce d'adapter les fonds de carte aux messages thématiques : en 1862, il note à propos de ses cartes quantitatives rassemblées dans la *Puissance comparée des divers états de l'Europe* : « outre les contours des États, on n'a pris en considération dans le dessin de cette carte que les points qui offrent un intérêt particulier pour le sujet représenté [129] ». J. Manier oppose ses cartes de l'instruction aux « cartes ordinaires », qui sont « surchargées de montagnes, de cours d'eau qui n'ont aucun intérêt, de noms de lieux aussi insignifiants [130] ». En 1885, Levasseur, qui avait écarté toute idée de réglementation graphique, proclame qu'il n'existe qu'une seule règle : la clarté. Dans ses remarques s'ébauche déjà la notion moderne de niveaux de lecture de la carte : « il ne faut pas, écrit-il, mettre trop de courbes sur un diagramme, ni figurer trop de choses diverses sur une carte, et il faut y disposer ce qu'on y met de manière que l'œil saisisse tout d'abord l'ensemble avec netteté et que l'esprit pénètre ensuite sans effort jusqu'à la notion des détails [131] ». L'abondance de signes, ou détails, n'est pas criticable du point de vue de l'information, mais de la perception. La perception élémentaire – c'est-à-dire en isolant un élément de la carte – reste toujours possible, mais Levasseur estime que la carte doit être significative, prioritairement, à un niveau général de lecture. Il exprime cette tendance nouvelle, visant à privilégier l'image par rapport à la figuration, et transpose dans la syntaxe graphique l'affirmation, jusqu'alors gratuite, de l'immédiateté du calcul par l'œil. En 1887, le conseil supérieur de statistique préconise à son tour des formes simples, de lecture facile. En 1890, Vauthier critique, à propos des cartes de flux, « la confusion qui résulte, vers les nœuds de communication où la fréquentation est beaucoup au-dessus de la moyenne, de la superposition des bandes et de l'enchevêtrement de leurs contours [132] ». Enfin, parmi les règles proposées en 1901 par J. Bertillon, Cheysson et Fontaine, figurent

127. *Cité par H.G. Funkhouser, 1937, p. 314.*

128. *Congrès international de statistique,* Compte-rendu de la septième session..., *1870, p. 30.*

129. *M. Block, 1862, p. 3.*

130. *J. Manier,* Carte statistique de l'instruction primaire en France, *1865-66, s.l.n.d., notice.*

131. *É. Levasseur, 1885, p. 32.*

132. *L.L. Vauthier, 1890, p. 179.*

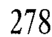
ces réflexions : « Le principal mérite, on pourrait dire, la véritable raison d'être de la statistique graphique, c'est la clarté. [...] Il faut être très sobre de symboles, afin de ne pas charger trop la mémoire du lecteur. Quelques auteurs anciens, à force de couvrir leurs cartogrammes de hiéroglyphes, les ont rendu indéchiffrables[133] ». Bien entendu, on se gardera d' exagérer la portée de telles proclamations : Cheysson, qui souscrit ici au principe de clarté, est on le sait l'auteur de cartogrammes parmi les plus complexes qui soient. Les approches théoriques de la fin du siècle traduisent une certaine contradiction : les pratiques cartographiques uniformes, régies par des lois graphiques, passent pour la condition nécessaire à l'élaboration d'une langue efficace et universelle, et cependant les méthodes uniques proposées, le plus souvent controversées, sont en général préjudiciables à l'efficacité de la communication. Elles sont inadaptées à l'information multiforme que constituent des séries statistiques, appliquées à tel ou tel objet. Confrontant leurs procédés, à la recherche d'une syntaxe, les statisticiens aboutissent au résultat inverse : après 1890, il paraît de plus en plus évident que les données sont trop diverses pour adopter une méthode a priori. Manifestement, les théoriciens de la période n'ont pas clairement perçu les objectifs réels d'un code cartographique. Sa valeur repose sur sa pertinence, et une syntaxe doit déterminer ses éléments pertinents. Par élément pertinent, nous entendons tout aspect de l'information qui, noté selon une convention graphique, permet la reconnaissance de l'information, communique une forme relationnelle qui est équivalente à celle-ci. Ce concept se dessine plus clairement à partir d'un exemple proposé par Eco d'après le code de reconnaissance, dont nous nous inspirons ici. « Quand nous dessinons un zèbre, écrit Umberto Eco, nous nous préoccupons avant tout de rendre reconnaissable les rayures, même si la forme de l'animal est approximative et pourrait sans rayures être remplacée par celle d'un cheval[134] ». Éventuellement, dans une communauté connaissant pour seuls quadrupèdes le zèbre et la hyène, mais ignorant chevaux, mulets ou ânes, les aspects fondamentaux à sélectionner pour une reconnaissance du dessin seront différents ; « Ainsi même les codes de reconnaissance (comme les codes de la perception) concernent les aspects pertinents (c'est le cas pour tout code). De la sélection de ces aspects dépend la possibilité de reconnaissance du signe iconique[135] ».

Bien évidemment, en cartographie statistique, le signe doit dénoter une relation mathématique (ordre, rapport, intensité...) et non un élément figuratif. Utiliser un cercle ou un carré proportionnel pour traduire une information ponctuelle quantitative, appliquer telle ou telle couleur, ou déterminer plus ou moins de groupes pour exprimer une information ordonnée sont autant de détails d'application des méthodes graphiques qui ne font pas partie des aspects fondamentaux. Le fait principal, c'est que l'information est quantitative ou ordonnée, et la seule règle est l'emploi de procédés fondés sur des variables visuelles en correspondance, taille ou valeur. Tout le problème de la grammaire graphique, ou plus précisément de la codification de la cartographie statistique, est la distinction des unités pertinentes et des variables facultatives, ou commutables. En l'état des théories observées pour notre

133. *J. Bertillon, 1901, p. 315.*

134. *U. Eco, 1972, p. 178.*

135. Ibid., *p. 179.*



période, les statisticiens ne font que soupçonner une partie des éléments pertinents, car ils remarquent que leur altération réduit ou annihile la qualité de la communication (il en va ainsi dans le cas de l'emploi d'une échelle de couleurs pour exprimer des intervalles numériques ordonnés) et tentent d'autre part, sans succès, de codifier le facultatif (nombre de paliers, mode de groupement des séries statistiques...). Il semble d'ailleurs que quelques-uns soupçonnent les défauts de leur démarche, puisque Cheysson reconnaît que les lois graphiques doivent rester souples, qu'il ne faut pas exagérer la contrainte, ou que Block distingue les principes généraux qui s'imposent à tous des détails d'exécution qu'il est hors de question d'uniformiser. Le problème est d'autant plus complexe que si la pertinence peut être définie à partir de l'efficacité de communication, celle-ci n'a pas un caractère absolu, dans la mesure où elle est fonction de données d'expérience acquise, dans d'autres codes ou conventions, qui font par exemple que l'utilisateur du message associe spontanément la tache claire au moins et la tache foncée au plus. Enfin, la lisibilité en matière graphique est indépendante de ces aspects fondamentaux qu'il faut codifier. Bertin la compare à l'audibilité d'un discours : un texte parfaitement rédigé peut être incompréhensible s'il est prononcé d'une manière défectueuse. La lisibilité obéit elle aussi à certaines règles, entrevues au XIXe siècle (clarté, simplicité, écarts sensibles), mais malheureusement confondues au sein d'un unique projet de discipline graphique. Ainsi, Vauthier remet en cause un principe pertinent, la relation variation de taille/flux, à partir d'une règle de lecture : la confusion régnant autour des nœuds de communication.

À la fin du XIXe siècle, le code cartographique est d'une constitution trop récente pour que puissent être réunis, en matière de syntaxe, autre chose que des éléments théoriques sans cohérence, d'autant plus que par son caractère abstrait, il force à évacuer les critères classiques du jugement sur la carte : exactitude et ressemblance. La syntaxe graphique s'est cependant approchée de notions essentielles, ayant trait à l'analyse de l'information ou aux règles de lisibilité. Elle s'est sans conteste enrichie de quelques principes : l'utilité des légendes et des paliers repères, l'adaptation des variables sensibles à l'information qu'il faut transmettre. Certes, les statisticiens qui veulent laisser s'exprimer le « goût du rédacteur », ou qui assimilent la méthode graphique à une sorte d'activité artistique, sont encore en nombre. Mais la volonté de quelques-uns de discipliner la graphique doit être admise comme un progrès substantiel. En 1904, Lucien March tient Cheysson pour un auteur éminent, car il a montré que « l'ingéniosité dans le choix des moyens pouvait s'allier à une parfaite sûreté de méthode[136] ». En effet, hommage doit être rendu à ces premiers théoriciens : réclamer grammaire, syntaxe ou orthographe, c'est affirmer que la représentation doit être régie par une logique de signification ; la graphique se démarque alors des systèmes visuels figuratifs, les statisticiens cherchent à construire un système de communication de type mathématique, c'est-à-dire monosémique, et malgré les obstacles et les contradictions qu'ils rencontrent, ils ouvrent la voie à la sémiologie graphique moderne.

136. *L. March, 1904, p. 408.*

Conclusion générale

En commençant cette étude, deux objectifs étaient fixés : retracer les étapes de l'élaboration du langage de la cartographie quantitative, et explorer les rapports entre les cartes quantitatives et les curiosités propres à une époque, une société. Sur le premier point, nous voulions éviter de limiter le propos aux seules cartes d'exception. Harley ironise sur l'histoire de la cartographie conçue comme une « recherche de truffes » (« *a hunt for cartographic truffles*[1] »). On ne peut réellement réprouver l'intérêt des historiens envers les travaux des précurseurs, leur goût pour l'exhumation d'œuvres inconnues. Il importe cependant de ne pas s'y tenir. S'agissant de la cartographie thématique, instrument de sciences diverses, les phénomènes de diffusion, de transfert d'une discipline à une autre, et finalement de pérennisation, sont fondamentaux. La construction du langage graphique ne se limite pas à l'invention de signes nouveaux. De communication en communication, des choix s'expriment et des réflexes de perception se perpétuent.

Avant 1820, la voie des cartes spéciales est explorée, sans toujours rompre avec les représentations traditionnelles, excepté dans le domaine des sciences naturelles qui se structurent alors. On repère entre 1780 et 1820 une première mobilisation des signes en vue de transmettre une information quantifiée, avec ce que Robinson appelle des pré-cartes (« *premaps*[2] ») : les graphes. Cette expression graphique correspond, en statistique, au courant de l'arithmétique politique.

Au début du XIXe siècle, la somme des publications statistiques françaises est considérable, avec notamment les annuaires départementaux et la statistique des préfets. Pourtant, les cartes sont singulièrement absentes de ces inventaires territoriaux, bien que l'espace en constitue une dimension essentielle, ainsi que le souligne D. Nordman : « Rarement entreprise aura été à la fois aussi géographique, dans le sens le plus fort du terme, et aussi peu cartographique[3] ». À ce manque, deux explications selon nous : une statistique départementale encore ancrée dans la tradition descriptive et littéraire à l'allemande et, d'autre part, l'inertie du langage cartographique, son auto-

1. *J.B. Harley, 1987, p. 6.*

2. *A.H. Robinson, 1982.*

3. *D. Nordman, 1989, p. 50.*

nomie. L'information chiffrée est condition nécessaire mais non suffisante pour l'établissement de cartes statistiques. Il faut encore que les auteurs se dégagent de réflexes perceptifs acquis et proposent de nouvelles conventions.
La correspondance entre l'histoire de la statistique et celle de la cartographie statistique paraît plus nette pour la période 1825-1850. Il y aurait, en raison du développement de l'information chiffrée, un âge d'or de la cartographie quantitative. Plusieurs auteurs, tout en puisant dans une double tradition graphique, celle de la cartographie générale et celle des diagrammes mathématiques, traduisent en cartes un contenu extérieur à toute codification préalable : le rapport de l'espace et du nombre. Ils autorisent un acte référentiel inédit. C'est une étape fondamentale dont l'étude permet d'utiles rectifications chronologiques : La période pionnière de la cartographie quantitative est plus précoce qu'on ne le pense communément. Mais cette expression d'âge d'or nous paraît se justifier du seul point de vue des innovations. Le relatif succès de la méthode inventée par la baron Dupin ne doit pas faire illusion : la carte statistique reste extrêmement rare. Les procédés de Frère de Montizon ou Lalanne restent sans suite immédiate. Les cartes de flux ne sont présentes que dans quelques travaux d'ingénieurs.
La deuxième moitié du siècle est bien une seconde fondation. les méthodes de cartographie statistique, perçues comme nouvelles, se diffusent hors d'un milieu restreint, et les règles de lecture s'acquièrent par la répétition. En témoignent, dès les années 1850, les premiers signes d'intérêt de l'administration française pour les cartes statistiques. L'expansion de la statistique figurée est cependant beaucoup plus nette après 1860, voire 1870. L'instrument scientifique et technique devient progressivement un moyen d'éducation et d'information générale, utilisé dans les atlas, les manuels, et même dans la presse[4]. Parallèlement se développe la réflexion sémiologique, tentative de définition de l'habitude, discours sur le langage.
Le terme de notre étude est plus commode que significatif. Retenir l'année 1914 permet d'examiner les modalités du transfert de la cartographie quantitative à la géographie française. Toutefois, l'essentiel des développements de la sémiologie graphique est très postérieur à cette date, de même que l'institutionnalisation de la cartographie thématique, à travers congrès, sociétés, revues et enseignement universitaire autonome.
L'étude de la production cartographique du XIXe siècle n'est qu'engagée, et le tableau dressé dans cet ouvrage est sans doute susceptible d'enrichissements futurs. Ils ne devraient toutefois pas modifier cette idée de la mise en place, au cours du siècle, d'un « grand type de cartes[5] ». Pour paraphraser Playfair, au lecteur non averti du début du XIXe siècle, une carte statistique communiquerait aussi peu qu'un fond de carte vierge. Les signes créés ne sont pas les simples prolongements des symboles de la cartographie classique, dont le père de Dainville décrivait l'évolution dans *Le langage des géographes*. Ils s'assemblent en un code différent. Il y a bien une révolution cartographique et non de simples ajouts à la nomenclature. À quoi tient cette mutation ? Un code propose une corrélation entre des entités appartenant à deux ensembles, ou deux plans distincts : le plan du contenu, le plan des

4. *Ainsi dans* L'Illustration *à la fin du siècle.*

5. *Voir en introduction, note 16.*

6. *Groupe Mu, 1992, p. 45.*

7. *U. Eco, 1988, p. 28.*

8. *Ce développement s'inspire notamment de Eco, 1992, p. 34-65.*

9. Ibid., *p. 47.*

signes (ou l'espace d'information et l'espace de signalisation[6]). Si l'on envisage les seuls figurés, on ne relève pas de changement radical, mais une évolution caractéristique vers davantage de géométrisme, et une extension des figurés exprimant des phénomènes en implantation zonale : tons, couleurs, trames. Les transformations principales se repèrent surtout dans les fonctions sémiotiques (l'association signifiant/signifié). Un code, nous dit Eco, consiste en « une série de règles qui permette d'attribuer une signification au signe[7] ». En cartographie thématique, notamment quantitative, les règles d'interprétation diffèrent sensiblement de celles de la cartographie de position. En première analyse, la classique distinction établie par Peirce, entre symboles, en rapport arbitraire avec leur objet, et icônes, en rapport de similarité avec leur objet, peut paraître fonctionnelle. La carte thématique utiliserait des symboles, la carte topographique des icônes. Cette opposition ne résiste cependant pas à une analyse approfondie[8]. Le rapport de ressemblance entre signes topographiques et objets est à caractère culturel. Ce sont bien certains aspects des objets qui sont sélectionnés, ainsi, d'ailleurs, que l'angle – zénithal – de vision. Il n'y a pas de relation nécessaire dans l'association de la végétation forestière à la couleur verte, des bâtiments à des rectangles noirs, etc. Il y a transformation, et donc règle et artifice. Comment pourrait-on d'ailleurs l'éviter, puisqu'il s'agit de passer d'un espace tridimentionnel au plan ? Le seul signe non-arbitraire est le double de l'objet. « La similarité est un produit et nécessite un apprentissage[9] ». Inversement, les symboles de la carte thématique ne sont pas entièrement arbitraires. Nous avons montré en les analysant qu'ils sont motivés, et cette motivation est nécessaire pour les faire accepter en tant que conventions.

La distinction entre signes topographiques et signes thématiques ne peut donc se fonder sur le schéma naïf et peu explicite « similaire *vs* arbitraire », voire « concret *vs* abstrait ». Si l'on peut parler pour les signes thématiques d'un relèvement du niveau d'abstraction, celui-ci n'a jamais été nul. Considérant les entités de l'espace d'information, le cartographe en sélectionne certains traits pertinents puis établit une convention graphique correspondant à ces traits. Les signes sont donc toujours intentionnels et artificiels. Cependant, en cartographie topographique, il y a sélection, au moins partielle, de traits optiques d'objets concrets, tels que couleur ou configuration. En cartographie thématique, les entités de l'espace d'information sont des constructions intellectuelles, non perceptibles en vision zénithale. Les traits sélectionnés relèvent de propriétés connues et attribuées à ces entités. On trouve donc une première différence au niveau du code de la reconnaissance. La seconde concerne le code de représentation. En topographie, il adopte au XVIIIe siècle pour règle principale celle de la projection géométrique. En cartographie thématique, les symboles ne sont pas déterminés par la forme sensible des objets, même si parfois certains réflexes de lecture « naturelle » peuvent être sollicités. Les règles sont donc beaucoup plus souples et riches. En matière de symboles, les innovations graphiques que nous avons présentées au cours de cet ouvrage sont peu nombreuses. Mais les « unités discrètes » du code apparaissent comme quelques structures simplifiées auxquelles peuvent

être rapportés de nombreux phénomènes distincts. Il ne s'agit pas de mettre en relation de manière univoque des unités de chaque plan (de l'information et des signes) : le code procède par équivalence de relations entre unités de chaque plan. La cartographie statistique exprimant plus particulièrement les relations d'ordre, et les rapports quantitatifs entre les unités.
Le langage de la cartographie quantitative est fort, peu sujet à restructuration. Plusieurs éléments du code restent soumis à discussion à la fin du siècle : la forme des figurés proportionnels, le nombre de paliers de valeur, etc., mais il s'agit là d'éléments commutables, nous l'avons vu, pour lesquels les choix ne pouvaient s'établir d'emblée. Ils dépendaient en effet de questions pratiques liées à l'établissement des cartes, de la capacité technique à réaliser aisément tel symbole proportionnel, ou tel nombre de tons. Ils réclamaient surtout une réflexion approfondie sur les mécanismes perceptifs, les contraintes physiques et physiologiques pesant sur le canal visuel. Au-delà de transformations de détail, il est frappant de constater, dans des publications diverses, toute l'actualité des solutions graphiques imaginées au XIX[e] siècle. Ce caractère faiblement évolutif du code renvoie à nouveau à la notion de type de carte, de modèle imposé durablement. Mais il invite encore à considérer avec circonspection certain travaux cartographiques parmi les plus récents, qui négligent les enseignements de la sémiologie graphique moderne. La reproduction des mêmes stéréotypes graphiques n'est pas le gage de leur efficacité.
On ne peut imaginer une évolution importante de la symbolique des cartes sans profond changement au niveau du contenu, de l'espace d'information. Rappelons qu'il faut éviter d'assimiler cette transformation à la « découverte » d'une nouvelle réalité, extérieure au sujet et absolue, qui s'incarnerait dans le langage graphique. Tout d'abord, entre signifié et signifiant, le rapport est dialectique. Les signes créés pour exprimer un phénomène éduquent à leur tour ceux qui les mobilisent. Il est par ailleurs évident que les mouvements économiques ou démographiques, les distinctions sociales, les grandes épidémies, existent intrinsèquement avant le XIX[e] siècle. Ce qui change est le point de vue sur le monde. Le continuum matériel est interprété différemment. Les hommes y sélectionnent de nouveaux traits, ce qu'expriment les produits du langage, qui sont œuvres de l'esprit, et non données naturelles : « Le signe n'est pas le reflet d'une chose. Il est le reflet d'une opinion [10] ».
Quelles « opinions » professent alors les cartes thématiques ? Elles marquent la fin d'une coïncidence, celle qui existait entre langage de la géographie et langage cartographique. Pendant des siècles, « savoir la carte ou savoir la géographie étaient tout un [11] ». Au XIX[e] siècle, la maîtrise de la production cartographique, tant générale que thématique, échappe aux géographes. D'autres auteurs proposent leurs représentations, avec des intentions étrangères à celles de la géographie classique. Ils prennent en particulier conscience de l'insuffisance des données de position et de forme de l'inventaire des lieux. La cartographie ne peut plus s'assigner pour seule tâche la représentation du monde apparent. Les sciences physiques et naturelles, issues de la révolution mécaniste du XVII[e] siècle, nourries des observations rassemblées lors du mouvement des découvertes et des explorations, façon-

10. *P. Francastel, 1970, p. 26.*

11. *F. de Dainville, 1964, p. VII.*

nent par l'expérience et le calcul un nouveau monde intelligible. À partir de la fin du XVIII[e] siècle, la science opère un retour vers l'homme. Les sciences humaines empruntent la démarche des sciences exactes, qui recherchent un ordre logique des choses, soumis à des lois universelles. L'expression mathématique devient l'un des gages de leur rigueur.

La cartographie met en œuvre les mêmes principes d'intelligibilité. Elle exprime les concepts de ces sciences en gestation, se veut normative et opérative. Gagnée au XIX[e] siècle par le positivisme, elle se mathématise. Lorsque la géographie française se fonde en tant que discipline scientifique, elle se propose de confronter les différents phénomènes spatiaux pour en saisir la combinaison, les interrelations. En faisant appel aux résultats de différentes sciences physiques et humaines, elle redécouvre les cartes thématiques. Faisant des positions et des lieux les points d'ancrage de ses analyses, elle accepte difficilement les cartes quantitatives, qui traduisent d'autres priorités. En effet, pour en faire dire plus à la carte, l'inflation des signes conventionnels pouvait un temps suffire. Mais bien des informations, les faits d'intensité par exemple, se prêtent mal au procédé, exigent des symboles qui ne s'ajoutent pas, mais se substituent au langage topographique. Celui-ci peut subsister, discrètement, en tant que fond de carte. Mais parfois survient une distanciation radicale d'avec les représentations classiques : des distorsions dans la référence topographique universelle. Le repérage, permis théoriquement par la projection et l'échelle, peut devenir aléatoire. Dès le XVIII[e] siècle, Noël-Laurent Duchemin, pour porter l'attention sur les villes, en modifiait l'échelle par rapport à celle du fond de carte. Au XIX[e] siècle, avec les cartes de Minard ou certains cartogrammes et anamorphoses, on peut observer le gauchissement ou la dissolution virtuelle de la composante topographique [12]. Il ne s'agit pourtant que de l'application extrême du principe fondateur du code : la primauté du thème sur le fond. On peut comprendre le rejet par certains géographes (y compris contemporains), de ce qui apparaît antigéographique. Pourtant, la dignité de carte n'appartient-elle qu'aux représentations qui autorisent un repérage rigoureux ? L'affirmer, c'est assimiler l'espace terrestre à un espace géométrique, assujettir à nouveau la cartographie à un modèle unique, et rejeter sa dimension de projection mentale.

« *L'homme est son langage, car la culture n'est rien d'autre que le système des systèmes de signes.* Même lorsqu'il croit parler, l'homme est parlé par les règles régissant les signes qu'il utilise [13]. » L'historien de la cartographie retire d'utiles leçons de l'analyse picturale. Imaginerait-on de caractériser une œuvre peinte par son seul contenu, en négligeant le traitement artistique du sujet ? La carte, langage parmi les langages, doit être interrogée suivant ses multiples sens et fonctions, mais aussi à partir de la variété de ses dispositifs visuels. Le style graphique renvoie à un style culturel. Dans l'expression cartographique se réalise l'interférence de différents secteurs de la connaissance. Considérée dans toutes ses dimensions, et donc au-delà de sa fonction d'information, la carte est dès lors un support privilégié pour l'observation de la conjoncture intellectuelle d'une époque.

12. *On repère dans la cartographie contemporaine des exemples frappants de cette démarche, ainsi les anamorphoses multipolaires conçues informatiquement par le laboratoire de cartographie de Strasbourg.*

13. *U. Eco, 1972, p. 205-206.*

Bibliographie

Archives

Archives Nationales, Paris

Les archives du ministère des Travaux publics sont conservées sous la cote générale F14.

– Sur le personnel du ministère des Travaux publics
  F14 2152 - 2944. Dossiers individuels, dont F14 2152 - 2341. Dossiers personnels des ingénieurs des Ponts et Chaussées.
  Dossiers particuliers :
  F14 2252 (1) dossier Chrétien Lalanne
  F14 2284 (1) dossier Charles Joseph Minard
  F14 2232 (2) dossier Alfred Durand-Claye
– Cartes et plans des travaux publics
  F14 10 321 - 10 352 Chemins de fer 1826-1895. Classement par réseaux.
  F14 8 821 - 9 188 Avant-projets et projets de lignes. Classement par réseaux.
  F14* 11 193 - 11 198 Catalogue des cartes et plans.
  Dossiers particuliers :
  F14 9115-9125 Embranchement de Dijon à Mulhouse. Projets, avant-projets, plans.
  F14 10382 Cartes générales du recensement sur les routes impériales, 1859.
  F14 10369 (2) pièce 6 : Carte de la population des départements du Nord et du Pas-de-Calais, par Bollain.
  Plusieurs cartes de C.J. Minard (consultables par ailleurs) figurent dans divers portefeuilles, ainsi en F14 10401 (pièce 7), F14 10403 (3) pièce 9, etc.

Les pièces relatives à A.J. Frère de Montizon figurent dans les dossiers suivants :
  F17* 1874 Répertoire des arrêtés de la commission de l'instruction publique. 1er mars 1817 au 28 juin 1819.
  F17 3154 Indemnités littéraires et scientifiques. XIXe siècle. Dossiers individuels.
  F18 1750 Imprimeurs, libraires et lithographes. Dossiers des brevetés. Paris, 1815-1870.
  F18 1804 *Id.*

Service historique de l'Armée de Terre, Vincennes

Les documents suivants sont utiles pour étudier l'émergence d'une « langue graphique » dans la topographie française et les suites de la réforme cartographique de 1802.
  A 12 Correspondance topographique du Dépôt général de la guerre (1806-1807).
  A 19 Correspondance topographique du Dépôt général de la guerre (an X-an XIV).

Bibliographies, biographies, dictionnaires, encyclopédies

– BONACKER, W., *Kartenmacher aller Länder und Zeiten*, Stuttgart, A. Hiesermann, 1966.

- BRITISH NATIONAL COMMITTEE FOR GEOGRAPHY, Cartography Subcommittee, *Glossary of technical terms in cartography*, Londres, Royal Society, 1966.
- CAMPBELL, E.J., CLARK, P.K., CLUTTON, E., (eds), *International directory of current research in the history of cartography and in carto-bibliography*, Norwich, Geo Books, depuis 1975.
- COMITÉ FRANÇAIS DE CARTOGRAPHIE, *Glossaire français de cartographie*, Paris, Comité français de cartographie, 1970.
- *Glossaire de cartographie*, Paris, Comité français de cartographie, 1990. (*Bulletin du Comité français de cartographie* 123-124, mars-juin 1990).
- COQUELIN, C., GUILLAUMIN, (dir.), *Dictionnaire de l'économie politique*, Paris, Guillaumin, 1852-1853, 2 vol.
- FONCIN, M., SOMMER, P., (dir.), Union géographique internationale. *Bibliographie cartographique internationale*, Paris, A. Colin, depuis 1946.
- FRANZ, G., JÄGER, H., *Historische Kartographie, Forschung und Bibliographie*, Hanovre, Gebrüder Jänecke, 1980.
- GEORGE, P., *Dictionnaire de la géographie*, Paris, Presses universitaires de France, 2e éd., 1974.
- GILLISPIE, C.C., (ed.), *Dictionary of scientific biography*, New York, C. Scribner's sons, depuis 1970.
- HERVÉ, R., (dir.), *Bibliographie géographique internationale. Extraits. Histoire de la géographie, histoire de la cartographie, géographie historique*, Paris, C.N.R.S., depuis 1954-1955.
- HODGKISS, A.G., TATHAM, A.F., *Keyguide to information sources in cartography*, Londres, Mansell, 1986.
- HOEFER, (dir.), *Nouvelle biographie générale depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours*, Paris, Firmin-Didot, 1857-1866, 46 vol. (Réimpression Copenhague, Rosenkilde & Bagger, 1963-1969).
- KRETSCHMER, I., DOERFLINGER, J., WAWRIK, F., *Lexicon zur Geschichte der Kartographie : von den Anfängen bis zum ersten Weltkrieg*, Vienne, F. Deuticke, 1986, 2 vol.
- LEE, S., STEPHEN, L., *Dictionary of national biography*, Londres, Smith, Elder & C°, 1896-1912, 63 vol., 4 suppl.
- MEYNEN, E., (dir.), *Bibliotheca cartografica. Herausgegeben von Institut für Landeskunde*, Remagen, depuis 1957.
- MEYNEN, E., Association cartographique internationale, Commission II, *Dictionnaire multilingue des termes techniques cartographiques*, Wiesbaden, Franz Steiner, 1973.
- MONKHOUSE, F.J., *A dictionary of geography*, Londres, E. Arnold, 1972.
- PAULY, A., *Bibliographie des sciences médicales*, Paris, Tross, 1874, (réimpression Londres, Derek Verschoyle, 1954.)
- PORTER, P.W., *A bibliography of statistical cartography*, dactyl., Minneapolis, Department of Geography, University of Minnesota, 1964.
- PRÉVOST, M., ROMAN D'AMAT, *Dictionnaire de biographie française*, Paris, Letouzey et Ané, depuis 1932.
- RISTOW, W.W., *Guide to the history of cartography : an annotated list of references on the history of maps and mapmaking*, 3e éd., Washington, Library of Congress, 1973.
- SAY, L., CHAILLEY, J., *Nouveau dictionnaire de l'économie politique*, Paris, Guillaumin, 1891-1892, 2 vol.
- SILLS, D.L., (ed.), *International encyclopedia of the social sciences*, New York, Free Press/Londres, Collier-Macmillan, depuis 1968.
- TILLY, L., TILLY, C., « A selected bibliography of quantitative sources for french history and french sources for quantitative history since 1789 », dans LORWIN, V.R., PRICE, J.M., (eds.), *The dimension of the past. Materials, problems and opportunities for quantitative work in history*, New Haven/Londres, Yale University Press, 1972, p. 172-198.
- TOOLEY, R.V., *Tooley's dictionary of mapmakers*, New York, A.R. Liss/Amsterdam, Meridian Publishing, 1979.
- UNITED STATES. Library of Congress. Geography and Map Division, *The bibliography of cartography*, Boston, G.K. Hall & C°, 1973, 5 vol., suppl. 1980, 2 vol.

- VAPEREAU, G., *Dictionnaire universel des contemporains*, 6 éditions et suppléments, Paris, Hachette, 1858-1895.
- ZÖGNER, L., (ed.), *Bibliographia Cartographica. Internationale Dokumentation kartographischen Schrifttums*, Munich, Verlag Dokumentation, depuis 1974.

Sources graphiques

Atlas, cartes, diagrammes

À la suite de nos références figure entre parenthèses une cote, excepté pour quelques documents qui n'ont pu être consultés directement. Les cotes "Ge" et "S.H." correspondent aux sources conservées à la Bibliothèque nationale, département des cartes et plans, Paris. Pour les autres cotes, nous précisons en abrégé l'origine du document consulté :

A.N. : Archives nationales, Paris.

B.L. : British Library, Londres.

B.N. Imp. : Bibliothèque nationale, département des imprimés.

B.N. Ms. : Bibliothèque nationale, département des manuscrits.

P. & C. : Bibliothèque de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris.

- *Album de statistique agricole. Résultats généraux de l'enquête décennale de 1882*, Nancy, Berger-Levrault, 1887. (B.N. Imp., 0 605).
- *Album de statistique graphique*, Nancy, Berger-Levrault, 1889. (Ge FF 11084).
- *Album de statistique graphique*, Paris, Imprimerie nationale, 1889. (B.N. Imp. Fol R 180).
- *Atlas de statistique graphique de la ville de Paris. Année 1888*, Paris, Masson, 1889. (B.N. Imp., Td33 87).
- *Atlas de statistique graphique de la ville de Paris. Année 1889*, Paris, Masson, 1891. (B.N. Imp., Lk7 27022).
- BEAURAIN, Chr. de, *Carte de la Manche ou du canal qui sépare les côtes de France d'avec celles d'Angleterre (...) construite (...) d'après les informations du Capitaine Haley*, Env. 1/700 000, Paris, l'auteur, 1760. (Ge C 8868).
- BELLIN, J.N., *Carte des variations de la boussole et des vents généraux que l'on trouve dans les mers les plus fréquentées*, 1/37 000 000, Paris, Dépôt des Cartes de la Marine, 1765. (Ge B S.H. 1 (0-20)).
- BELPAIRE, A., *Carte du mouvement des transports en Belgique...*, Carte 1, *année 1834*, Bruxelles, P. Vandermaelen, s. d. (P. & C., 3541/C 175).
- BELPAIRE, A., *Carte du mouvement des transports en Belgique...*, Carte 2, *année 1844*, Bruxelles, P. Vandermaelen, s.d. (P. & C., 3541/C 175).
- BERTILLON, J., *Cartogrammes et diagrammes relatifs à la population parisienne et à la fréquence des maladies pendant la période 1865-1887*, Paris, Masson, 1889. (B.N. Imp., Td33 87).
- BLOCK, M., *Bevölkerung des französischen Kaiserreichs in ihren wichtigsten statistischen Verhältnissen dargestellt*, Gotha, Justus Perthes, 1861. (B.N. Imp., L31 75).
- BLOCK, M., *Puissance comparée des divers États de l'Europe, Atlas*, Gotha, Justus Perthes, 1862. (B.N. Imp., G 1191).
- BOLLAIN, *Carte de la population des départements du Nord et du Pas-de-Calais divisés par cantons...*, env. 1/286 000, s.l., 17 juin 1844. (A.N., F14 10369 -2 pièce 6).
- BONNANGE, F., (Dir.), *Atlas de statistique agricole. Résultats généraux des statistiques agricoles décennales de 1882 et de 1892*, Paris, Imprimerie nationale, 1897. (Ge DD 692).
- BONNANGE, F., *Atlas graphique et statistique du commerce de la France avec les pays étrangers pour les principales marchandises pendant les années 1859 à 1875*, Paris, Baudry, 1878. (Ge CC 2056).
- BONNANGE, F., *Carte figurative de la propriété immobilière des congrégations religieuses en France*, env. 1/2 000 000, Paris, E. Dufrénoy, juillet 1881. (Ge C 20438).
- BOUDIN, J.C.M., *Carte physique et météorologique du globe, comprenant la distribution géographique de la Température (Lignes Isothermes), des Vents, des Pluies et des Neiges*, 1re éd., Paris, J.B. Baillière, 1851. (Ge C 8697).

- BOUDIN, J.C.M., *Idem*, 2e éd., Paris, J.B. Baillière, 1853 (Ge C 8698).
- BOUDIN, J.C.M., *Carte physique et météorologique du globe terrestre, comprenant la distribution géographique de la Température, des Orages, des Vents, des Pluies et des Neiges*, Paris, J.B. Baillière, 1855. (Ge C 8698 A).
- BUACHE, P., *Carte d'une partie de l'Amérique pour la navigation des Isles et du Golfe du Mexique*, env. 1/6 530 000, Paris, l'auteur, 1740. (Ge DD 2987 B 8931).
- BUACHE, P., « Carte minéralogique où l'on voit la nature et la situation des terreins (*sic*) qui traversent la France et l'Angleterre », extrait des *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, Paris, 1746, p. 392, pl. 32. (Ge DD 1797).
- BUACHE, P., *Planisphère physique...*, Paris, Desbruslin (grav.), 1746. (Ge DD 2091 (2)).
- *Carte de la généralité de Lyon comprise dans celle de Cassini, n° 86 et n° 87*, 1/86 400, 1762. (A.N. NN 195/27 n° 1089).
- *(Carte des gabelles)*, s.l.n.d., XVIIIe siècle. (Ge D 6510).
- *Carte du département de l'Eure dressée par l'ordre de M. le baron de Chambaudoin*, env. 1/240 000, s.l., grav. par Laurence, 1811. (Ge D 13450).
- *(Carte du Gulf Stream)*, Paris, Le Rouge, s.d., vers 1785, (S.H., pf. 117, pièce 44D).
- *(Carte économique de la France)*, env. 1/650 000, s.l.n.d., fin XVIIIe siècle. (Rés., Ge A 1106).
- *Carte figurative des transports de minerai de fonte et de fer entre Besançon et Belfort, sur les routes de l'Ognon et du Doubs*, 1/200 000, Paris, P. Bineteau, 1846. (Ge D 17470).
- *Carte générale de l'Empire français (...) indiquant les résultats du recensement fait du 30 novembre 1856 au 30 novembre 1857 sur les routes impériales et stratégiques pour constater le mouvement de la circulation.* 12 ff., 1/82 500, s.l., 1859. (A.N., F14 10382).
- *Carte générale de l'Empire français (...) indiquant les résultats du recensement fait du 30 novembre 1856 au 30 novembre 1857 sur les routes impériales et stratégiques pour constater le mouvement de la circulation.* 4 ff., 1/500 000, Paris, Régnier et Dourdet, s.d. (Ge FF 10891).
- *Carte générale des étapes de France où sont tracées les Routes que tiennent les Troupes dans leur Marche*, s.l., 1755. (B.N. Ms. 6435 F°85).
- *Carte générale des Sévennes,* 1/54 000, s.l., 1726. (Min. de la guerre. Archives des cartes. 10C n° 357).
- *Carte générale de la production, de la consommation et de la circulation des combustibles minéraux en France pendant l'année 1850,* env. 1/890 000, Paris, Régnier et Dourdet, 1853. (Ge C 15200).
- *Carte graphique du roulage régulier entre Besançon et Belfort tant en parcours total qu'en parcours partiel...*, 1/200 000, Paris, P. Bineteau, 1846. (Ge D 17469).
- CARTWRIGHT, S., « A plan of Natchez », extrait de *The Medical Recorder*, 9, 1826, frontispice.
- CHEYSSON, É., (dir.), *Album de statistique graphique*, Paris, Imprimerie nationale, 1879-1899. (B.N. Imp., Fol Lf 262-79).
- CLARK, S., *Maps illustratives of the physical, political and historical geography of the British Empire*, Londres, National Society for promoting the Education of the Poor, 1852 (?). (B.L., 1101 (1)).
- CROME, A.F.W., *Neue Carte von Europa, welche die merkwurdigsten Produkte und vor nehmsten Handelsplätze nebst dem Flächen-Inhalt aller europäischen Länder in deutschen Quadrat-Meilen enthält*, 1/10 800 000, Dessau, 1782. (B.L., K4-94).
- CROME, A.F.W., *Grossen Karte von Europe, welche den Flächen-Inhalt und die Volksmenge der vorzüglichsten Europaeischen Staaten und Laender enthaelt*, s.l., von A.F.W.C., 1785. (B.L., K4 101 1).
- DELISLE, G., *Carte du diocèse de Béziers*, env. 1/247 000, Paris, De l'Isle, 1708. (Ge BB 565 IX (54)).
- DELISLE, G., *Mappemonde à l'usage du Roy, surchargée des variations de l'aiguille aimantée*, env. 1/62 500 000, Paris, 1720. (Ge D S.H. 1 (0-13)).

- DEZAUCHE, J., *Carte générale des méridiens et de l'équateur magnétique pour l'année 1778*, s.l.n.d. (Ge D 12491).
- DUCHEMIN, N. L., *Tableau des Villes de France où les Plans des Principales Villes du Royaume sont exprimés, servant à voir le Rapport de la Grandeur de Paris avec les autres Villes et à comparer une Ville avec une autre*, échelle des distances : env. 1/250 000 ; échelle des plans de villes : env. 1/177 000, Paris, l'auteur, 1777. (Ge DD 896).
- DUPAIN-TRIEL, C., *Carte générale des Fleuves, des Rivières et des Principaux Ruisseaux de la France avec les Canaux actuellement construits*, Paris, l'auteur, 1781. (Ge C 6324).
- DUPAIN-TRIEL, C., *Carte minéralogique de France...*, Paris, l'auteur, 1781. (Ge D 1812).
- DUPIN, C., *Carte figurative de l'instruction populaire de la France*, Bruxelles, Jobard, 1826. (Ge C 6588).
- DUPIN, C., *Carte figurative de la France pour exprimer par départements la proportion territoriale des vignobles et des betteraves à sucre*, Paris, Firmin-Didot, 1843. (B.N. Imp., V 14209).
- DURAND-CLAYE, A., *Recensement de 1881. Accroissement de la population dans le département de la Seine et dans les parties limitrophes du département de Seine-et-Oise*, 1/80 000, Paris, Gauthier-Villars, s.d. (Ge C 1838).
- DURAND-CLAYE, A., *Plan de Paris indiquant la répartition de la mortalité typhoïdique. Septembre et octobre 1882. Étude de statistique graphique*, Paris, A. Broise et Courtier, s.d. (Ge C 1831).
- FER, N. de, *La France ecclésiastique, contenant les archeveschés et eveschés de ce royaume...*, env. 1/2 645 000, Paris, Chez A. de Fer, 1674. (GE D 13431).
- FER, N. de, *Carte nouvelle de la France avec ses gouvernements*, env. 1/2 500 000, Paris, l'auteur, 1698. (A.N. NN 10/42 (n° 83)).
- FER, N. de, *La France divisée par Generalitez*, env. 1/2 264 000, Paris, l'auteur, 1718. (Ge D 14938).
- FICKER, A., *Bevölkerung der Österreichischen Monarchie*, Gotha, Justus Perthes, 1860. (Ge FF 7895).
- FRÈRE DE MONTIZON, A.J., *Carte philosophique figurant la population de la France*, env. 1/3 000 000, Paris, de Montizon, 1830. (Ge D 14127).
- FRÈRE DE MONTIZON, A.J., *Carte figurative de la France politique en 1834*, Paris, de Montizon, s.d. (B.N. Imp., 4° Le 54-900).
- FRÈRE DE MONTIZON, A.J., *Carte figurative de la France électorale, chambre de 1835*, 3e éd., Paris, P. Dupont, s.d. (B.N. Imp., 4° Le 54-903).
- FOVILLE, A. de, (dir.) *Album de statistique graphique*, Paris, Imprimerie nationale, 1881.
- FOVILLE, A. de, (dir.) *Album de statistique graphique*, Paris, Imprimerie nationale, 1889.
- GRENIER, J.R. de, « Carte des courants de l'Océan Indien », s.l., 1770 ; extrait de : Grenier, J.R. de, *Mémoires de la campagne de découvertes dans les mers des Indes*, Brest, R. Malassis, 1770. (Ge D 7336).
- GRENIER, J.R. de, *Carte du sistème des courants des mers de l'Inde dans le temps de la mousson du NE au N de la ligne (équinoxiale)*, env. 1/17 500 000, Paris, Lattré, 1776. (Ge C 4649).
- GUERRY, A.M., *Statistique morale de l'Angleterre comparée avec la statistique morale de la France. Atlas, cartes et constructions graphiques, représentant les résultats généraux des tableaux numériques*, Paris, J.B. Baillière et fils / New York, Baillière Brothers, 1864. (B.N. Imp., Gr.Fol N 319).
- GUERRY, A.M., BALBI, A., *Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers arrondissements des académies et des cours royales de France*, s.l., 1829. (Ge C 9014).
- GUETTARD, J.É., MONNET, A.G., *Atlas et description minéralogique de la France*, 1re partie, Paris, Didot, 1780. (Ge DD 5515).
- HALLEY, E., *Carte des variations de l'aiguille de l'Océan occidental et méridional suivant les observations faites en 1700 dédiée au Roi d'Angleterre par Edmund Hallei*, s.l.n.d. (Ge D 12 869).
- HALLEY, E., *A New and Correct Chart shewing the Variations of the Compass in*

the Western and Southern Ocean, s.l., 1701. (B.L. 977 (4)).
- HALLEY, E., *A new and correct Sea Chart of the whole World shewing the Variations of the Compass as they were found in the year MDCC*, Londres, R. Mount & T. Page, 1702. (Rés., Ge AA 1333).
- HALLEY, E., *A large Chart of the Channel between England and France, done from the newest and best Surveys with the Flowing of the Tydes and Setting of the Current*, Londres, R. Mount & T. Page, 1703. (Ge AA 496).
- HALLEY, E., *A new and correct Chart of the Channel between England and France...*, env. 1/925 000, Londres, Page & Mount, s.d. (Ge DD 2987 B 765).
- HARNESS, H.D., *Atlas to accompany the Second Report of the Railway Commissioners, Ireland*, Dublin, H.M.S.O., 1838. (B.L., 145 e 29).
- HEUZÉ, G., *La France agricole*, Paris, Hachette, 1869, 3 vol. (B.N. Imp., S 28 468 à 28 470).
- HEUZÉ, G., *La France agricole. Atlas contenant une notice sur les régions agricoles, 4 tableaux de statistique générale et 46 cartes géographiques et statistiques*, Paris, Imprimerie nationale, 1875. (Ge DD 1125).
- HOLLEAUX, E., *Carte des tonnages moyens de la navigation entre Paris et la Belgique*, s.l., 1877. (P. & C., 16553 C 877).
- HUMBOLDT, A. von, *Atlas géographique et physique du royaume de la Nouvelle-Espagne*, Paris, G. Dufour, 1812. (B.N., Soc. de Géo. Gr in fol. H 9).
- JAILLOT, A.H., *Carte particulière des Postes de France*, env. 1/1 800 000, Paris, H. Jaillot, 1689. (Ge C 9962).
- JAILLOT, A.H., *La France divisée par provinces où sont exactement remarquées toutes les routes des postes du Royaume*, env. 1/900 800, Paris, Jaillot, 1714. (Ge CC 1266 (18)).
- JAILLOT, B.A., *Carte des Postes de France pour l'année 1779*, Paris, Jaillot, 1779. (Ge DD 896).
- LA MOTTE, F. de, *Carte de la généralité de Rouen*, env. 1/250 000, s.l., 1684. (A.N., NN 21/1 (n° 1133)).
- LANGLOIS, N., *Carte générale de toute les poste et traverse de France*, env. 1/2 645 000, Paris, N. Langlois, s.d., milieu XVIIe. (Ge D 13425).
- LANGLOIS, N., *Carte de la France divisée selon l'ordre des Parlements et Cours souveraines ou Juridictions royalles*, env. 1/2 645 000, Paris, N. Langlois, vers 1650. (Ge D 13429).
- LEVANT, *Nouveau plan des variations qui comprend depuis le cap de Bonne Espérance jusqu'au cap de Naze, et depuis la Terre de Feu à celle de Labrador*, env. 1/27 780 000, s.l., 1776. (Ge B S.H. 1 (0-24)).
- LEVASSEUR, É., *Atlas physique, politique, économique de la France*, Paris, Delagrave, 1876. (Ge CC 1175).
- LEVASSEUR, É., PERIGOT, C., *Cartes pour servir à l'intelligence de la France et de ses colonies*, Paris, Delagrave, 1868. (B.N. Imp., L10 59 bis).
- LEVASSEUR, É., PERIGOT, C., *Cartes pour servir à l'intelligence de l'Europe (moins la France)*, Paris, Delagrave, 1871. (Ge FF 10135).
- LOUA, T., *Atlas statistique de la population de Paris*, Paris, Dejey/Berger-Levrault, 1874. (B.N. Imp., 4° Lk7 33600).
- MANIER, J., *L'instruction dans le département de Maine-et-Loire*, s.l., 1858. (Rp 95).
- MANIER, J., *Carte statistique de l'instruction primaire en France*, Paris, 1865. (Ge C 6590).
- MANIER, J., *Carte scolaire communale*, Angers, Barant, 1867. (B.N. Imp., Rp 35).
- MANIER, J., *L'instruction en France en 1867. La France sachant lire. La France sachant écrire*, Paris, l'auteur, 1867. (Ge D 26821).
- MANIER, J., *L'instruction populaire en Europe*, Paris, Hachette, 1867. (Ge D 12171).
- MANIER, J., *L'instruction populaire en 1867 dans l'académie de Toulouse*, Paris, l'auteur, 1868. (B.N. Imp., Rp 72).
- MANIER, J., *L'instruction populaire en 1867 dans le département de la Dordogne*, env. 1/500 000, Paris, Hachette, 1868. (Ge D 17405).

- MANIER, J., *L'instruction populaire en 1867 dans le département du Jura*, Paris, Hachette, 1868. (B.N. Imp., Rp 38).
- MANIER, J., *L'instruction populaire en 1867 dans le département de la Charente*, Paris, Hachette, s.d. (B.N. Imp., Rp 37).
- MANIER, J., *Progrès de l'instruction en France, 1867*, Paris, Hachette, s.d. (B.N. Imp., Rp 53, Rp 54).
- MANIER, J., *Carte scolaire communale du département de l'Isère*, Paris, l'auteur, 1869. (B.N. Imp. R 1019).
- MANIER, J., *Progrès des congréganistes en France, 1850-1866*, Paris, Hachette, 1869. (B.N. Imp., Fol Ld4 7694).
- MANIER, J., *Des enfants assistés*, Paris, l'auteur, 1874. (B.N. Imp., R 1020).
- MANIER, J., *L'instruction populaire en Europe*, Paris, Hachette, 1878. (Ge C 8363).
- MILLOT, L., BARBIÉ DU BOCAGE, J.G., *Carte de France dressée pour l'étude de la statistique et de l'économie politique*, env. 1/3 335 000, Paris, de Roissy, 1834. (B.N. Imp. Fol L 31 26).
- MINARD, C.J., *Tableaux graphiques et cartes figuratives*, (recueil de travaux graphiques), Paris, 1844 à 1870. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Tableaux figuratifs de la circulation de quelques chemins de fer*, Paris, lith. Clouet, mai 1844. (P. & C., 5860 C351).
- MINARD, C.J., *Carte de la circulation des voyageurs par voitures publiques sur les routes de la contrée où sera placé le chemin de fer de Dijon à Mulhouse*, env. 1/300 000, Paris, lith. Clouet, mars 1845. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Tableau figuratif du mouvement commercial du canal du Centre en 1844, dressé d'après les renseignements de M. Comoy*, s.l., décembre 1845. (P. & C., 5299 C307).
- MINARD, C.J., *Embranchement de Grenoble. Aperçu de la circulation actuelle des voyageurs dans les voitures publics* (sic), env. 1/250 000, Paris, lith. Clouet, janvier 1846.
- MINARD, C.J., *Tableau figuratif de la circulation des voyageurs nationaux et internationaux sur le chemin de fer entre la Belgique et la Prusse*, Paris, lith. Clouet, mai 1846. (P. & C., 10975).
- MINARD, C.J., *Carte de la circulation des voyageurs par voitures publiques sur les routes de la contrée où sera placé le chemin de fer de Dijon à Mulhouse*, 1/200 000, Paris, P. Bineteau, 1846. (Ge D 17471).
- MINARD, C.J., *Mouvement des marchandises en Belgique, sur les chemins de fer en 1844 et sur les voies navigables en 1834 et en 1844*, Paris, mars 1847. (P. & C., 5266 C306).
- MINARD, C.J., *Carte figurative des principaux mouvements des combustibles minéraux en France en 1845*, 1/1 000 000, Paris, lith. Clouet, 25 juin 1851. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte de l'importance des ports maritimes de France mesurée par les tonnages des navires entrés et sortis en 1850*, Paris, lith. Clouet, 16 avril 1852. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des marchandises (flottage compris) qui ont circulé sur les voies navigables de France en 1850*, Paris, 20 juin 1852. (P. & C., 3566 C184).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages de marchandises qui ont circulé sur les voies navigables (et flottables) de France en 1850*, Paris, Regnier et Dourdet, 20 septembre 1852. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative de l'exportation de la houille anglaise en 1850*, Paris, Regnier et Dourdet, mars 1854. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises (flottage compris) qui ont circulé en 1850 et 1853 sur les voies navigables de France*, Paris, Regnier et Dourdet, 1er décembre 1854. (P. & C. Fol 10975).
- MINARD, C. J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé sur les chemins de fer et les voies d'eau en France en 1853*, Paris, Regnier et Dourdert, 28 février 1855. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de céréales qui ont circulé en 1853 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 14 juillet 1855. (P. & C., Fol 10975).

- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1855 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 28 février 1857. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1856 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 5 novembre 1857. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1856*, Paris, Regnier et Dourdet, 16 mars 1858. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative approximative des quantités de viande de boucherie envoyées sur pied par les départements et consommées à Paris*, Paris, Regnier et Dourdet, 1er août 1858. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1857 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 22 décembre 1858. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1857*, Paris, Regnier et Dourdet, 27 décembre 1858. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative de l'importance des ports maritimes français mesurée par les tonnages effectifs des navires entrés et sortis en 1857*, Paris, 15 janvier 1859. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des grands ports et des principales rivières de l'Europe*, Paris, Regnier et Dourdet, 27 octobre 1859. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Cartes figuratives et approximatives des tonnages des marchandises qui ont circulé en France en transit en 1845 et 1857*, Paris, Regnier et Dourdet, 15 décembre 1859. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1858 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 19 décembre 1859. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des vins, spiritueux qui ont circulé en 1857 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 18 avril 1860. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1858*, Paris, Regnier et Dourdet, 2 mai 1860. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1859*, Paris, Regnier et Dourdet, 3 février 1861. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1859 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 28 mars 1861. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et de leur circulation depuis leur origine jusqu'à leur arrivée*, Paris, Regnier et Dourdet, 20 avril 1861. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte approximative de l'étendue des marchés des houilles et cokes étrangers dans l'Empire français en 1858*, éch. 1/3 200 000, Paris, 17 juin 1861. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1860 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 13 décembre 1861. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1860*, Paris, Regnier et Dourdet, 23 avril 1862. (P. & C. Fol 10975).

- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et en 1861*, Paris, Regnier et Dourdet, 26 juillet 1862. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative représentant pour l'année 1858 les émigrants du globe*, Paris, Regnier et Dourdet, 26 septembre 1862. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1861 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 12 décembre 1862. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et en 1862*, Paris, Regnier et Dourdet, 28 mai 1863. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative de la houille anglaise exportée en 1860*, Paris, Regnier et Dourdet, 29 août 1863. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des grands ports du globe, 2e éd. corrigée et augmentée de 26 ports*, Paris, Regnier et Dourdet, 14 septembre 1863. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des tonnages des marchandises qui ont circulé en 1862 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français*, Paris, Regnier et Dourdet, 16 décembre 1863. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des poids des bestiaux venus à Paris sur les chemins de fer en 1862*, (en carton : « Carte de l'étendue des marchés des bœufs expédiés à Paris en 1828 et en 1862. », Paris, Regnier et Dourdet, 20 avril 1864. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et en 1863*, Paris, Regnier et Dourdet, 4 mai 1864. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Similitude des dispositions stratégiques de Charlemagne et de Napoléon Ier. L'un dans sa campagne en 791 contre les Huns, l'autre dans sa campagne en 1805 contre les Autrichiens et les Russes*, s.l., 15 février 1865. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de coton brut importées en Europe en 1858 et en 1864*, Paris, Regnier et Dourdet, 24 avril 1865. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative relative au choix de l'emplacement d'un nouvel Hôtel des postes de Paris*, Paris, Regnier et Dourdet, 19 juillet 1865. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1862*, Paris, Regnier et Dourdet, 2 octobre 1865. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de vin français exportés par mer en 1864*, Paris, Regnier et Dourdet, s.d. (1865 ?). (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des populations spécifiques des provinces d'Espagne*, Paris, Regnier et Dourdet, 11 janvier 1866. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative des quantités de coton brut importées en Europe en 1858, en 1864 et en 1865*, Paris, Regnier et Dourdet, 14 mai 1866. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative de la houille anglaise exportée en 1864*, Paris, Regnier et Dourdet, 17 septembre 1866. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de Russie en 1863. (Appendice à la carte de M. Minard des voyageurs sur les chemins de fer d'Europe en 1862)*, Paris, Regnier et Dourdet, 1er février 1867. (P. & C., 5861 C351).
- MINARD, C.J., *Carte figurative des mouvements des langues anciennes avant l'ère moderne*, Paris, Regnier et Dourdet, s.d. (1867 ?). (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative des mouvements et provenances des céréales importées en France en 1867*, Paris, Regnier et Dourdet, 14 mai 1868. (P. & C., Fol 10975).

- MINARD, C.J., *Carte figurative des pertes successives en hommes de l'armée qu'Annibal conduisit d'Espagne en Italie en traversant les Gaules. Carte figurative des pertes successives en hommes de l'armée française dans la campagne de Russie, 1812-1813,* 1f., Paris, Regnier et Dourdet, 20 novembre 1869. (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1866,* Paris, Regnier et Dourdet, s.d. (1869 ?). (P. & C., 5822 C351).
- MINARD, C.J., *Carte figurative et approximative du mouvement des voyageurs sur les principaux chemins de fer de l'Europe en 1867,* Paris, Regnier et Dourdet, s.d. (1869 ?). (P. & C., 5822 C351).
- MINARD, C.J., *École dite Realschulen de Stuttgart. Tableau graphique montrant le nombre d'heures par semaine d'étude du latin diminuant depuis 1818 jusqu'en 1864,* Paris, Regnier et Dourdet, s.d. (1870 ?). (P. & C., Fol 10975).
- MINARD, C.J., *Âge moyen des élèves de chaque promotion à l'École Polytechnique,* Paris, Regnier et Dourdet, 6 mai 1870. (P. & C., Fol 10975).
- NOLIN, J.B., *Carte des cinq provinces de l'Assistance de France des RR. PP. de la Compagnie de Jésus,* éch. 1/2 150 000 env., Paris, l'auteur, 1706. (A.N., NN 179/77 n° 378).
- NOLIN, J.B., *Carte de l'étendue de la Jurisdiction de la Cour des Aydes,* éch. 1/1 600 000 env., Paris, l'auteur, 1709. (GE AF pf. 23 (40)).

Nouvelle évaluation du revenu foncier des propriétés non bâties de la France. Atlas statistique, Paris, Imprimerie nationale, 1884. (Ge CC 1582).

- PARANDIER, A.N., *Canal du Rhône au Rhin, considéré dans ses rapports avec le chemin de fer de Besançon à Belfort par la vallée du Doubs. Mouvement de la navigation entre Besançon et Bourogne pour 1851,* Besançon, Dodivers, 1853. (P. & C., 5300 C319).
- PETERMANN, A., voir également à CLARK, S.
- PETERMANN, A., *Map of the British Isles, elucidating the distribution of the population based on the census of 1841,* éch. 1/1 600 000, Londres, W.S. Orr & C°, 1849. (Ge C 9752).
- PETERMANN, A., *Illustrations of the statistic of the British Islands. Map showing the distribution of the chief occupation of the people of the British Isles. Map showing the distribution of the population of the British Isles,* éch. 1/3 830 000 env., Londres, National Society for Promoting the Education of the Poor, 1851. (Ge FF 16663).
- RAVN, N., « Populations kaart over det Danske Monarkie, 1845 et 1855 », Copenhague, 1857. Extrait de *Einleitung zu dem statistischen Tabellenwerk,* nouv. série, 12, 1857, carte opp. p. XVIII.
- RAVN, N., *Résultat de l'évaluation des propriétés bâties. Atlas statistique,* Paris, Imprimerie nationale, 1891. (Ge DD 415).
- ROBERT, C., « La France divisée en archevesché, evesché, abbaies par les Srs de Sainte Marthe », extrait de *Gallia Christiana,* t. 4, Paris, 1656. (A.N., NN301/6 (n° 366)).
- *(Le) Royaume de France divisé suivant l'étendue des différentes gabelles,* env. 1/820 000, s.l.n.d. (XVIII[e] siècle). (A.N., NN39/12 (n° 242)).
- SALMON, *Carte généralle des Postes de France ainsi qu'elles sont à présent establies,* env. 1/2 000 000, Paris, Tavernier, 1643. (Ge DD 2987 B (703)).
- SANSON, N., *Carte des rivières de la France curieusement recherchée,* Paris, Tavernier, 1634. (Ge DD 2375 (6)).
- SANSON, N., *Carte des rivières de la France curieusement recherchée,* Paris, P. Mariette, 1641. (Ge CC 1244 (19)).
- SANSON, N., TAVERNIER, M., *Carte géographique des postes qui traversent la France,* env. 1/2 645 000, Paris, Tavernier, 1632. (Ge D 13434).
- SCHRADER, F., PRUDENT, F., ANTHOINE, E., *Atlas de géographie moderne,* Paris, Hachette, 1891. (Ge DD 168).
- SOMERHAUSEN, H., *Carte figurative de l'instruction populaire des Pays-Bas,* Bruxelles (?), 1829 (?).
- *Tableau figuré de la France contenant sa division en départements, sa population et*

sa superficie, 1/2 150 000, Paris, 1794. (A.N., NN24/2 (n° 264)).
- *Tableau figuré de la France divisée en 110 départements*, env. 1/4 180 000, Paris, Debray, 1806. (Ge D 15322).
- *Tableau général de la figure, de la superficie et de la population de toutes les parties du territoire de la République française*, env. 1/4 400 000, Paris, Dépôt du Cadastre, an VI (1798). (Ge D 16872).
- *Tableau général des Postes dressé par ordre de M. Claude Jean Rigoley, Baron d'Ogny*, env. 1/2 000 000, s.l., 1780. (Ge D 15620).
- TURQUAN, V., *Nouvel atlas de géographe moderne*, Paris, C. Bayle, 1884.
- TURQUAN, V., *Atlas universel*, Paris, Lemercier, 1884. (Ge DD 75).
- TURQUAN, V., *Atlas de la représentation proportionnelle. Carte de statistique électorale*, Paris, C. Bayle, 1886.
- TURQUAN, V., *Répartition géographique de la population en France, ou densité de la population commune par commune*, 1/1 600 000, Paris, C. Bayle, 1887. (Ge C 941).
- TURQUAN, V., *Atlas de l'alcoolisme, de la production et de la consommation des vins et cidres. Annexes au rapport de M. Claude, commission sénatoriale d'enquête sur l'alcoolisme*, Paris, Imprimerie du Sénat, 1887.
- VAUTHIER, L.L., *Carte statistique figurant la répartition de la population de Paris*, env. 1/41 600, Paris, 3 janvier 1874. (P. & C., 11176 C612).
- VAUTHIER, L.L., *Cartes différentielles indiquant le mouvement des fonds dans et à l'ouvert de l'embouchure de l'estuaire de la Seine de 1834 à 1880*, 6 ff, 1/200 000, Paris, 1888. (Ge DD 241).
- VIDAL-LABLACHE, P., *Atlas général*, Paris, A. Colin, 1894. (B.N. Imp. Fol G 154).

Ouvrages contenant des cartes ou diagrammes

Nous rassemblons sous cette rubrique les livres ou articles renfermant des illustrations, cartes ou diagrammes, et intervenant comme sources graphiques pour notre étude. Certaines de ces références sont cependant reprises plus loin, avec les sources écrites.

- ALLAIRE, L.V., « Études statistiques sur les mort-nés en France », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaires*, 3e série, 8, 1863, p. 257-263.
- ALLAIRE, L.V., *Études sur la taille et le poids de l'homme dans le régiment des chasseurs à cheval de la garde*, Paris, V. Rozier, 1863.
- ANGEVILLE, A. d', *Essai sur la statistique de la population française, considérée sous quelques-uns de ses rapports physiques et moraux*, réimpression (1re éd., Bourg, F. Dufour, 1836) ; intr. d'E. Le Roy Ladurie, Paris/La Haye, Mouton, 1969.
- ASTRUC, J., *Mémoires pour l'histoire naturelle de la province de Languedoc*, Paris, G. Cavelier, 1737.
- BALLY, V., FRANÇOIS, A., PARISET, E., *Histoire médicale de la fièvre jaune observée en Espagne et particulièrement en Catalogne, dans l'année 1821*, Paris, L. Colas, 1823.
- BERGERON, E.J., « Étude sur la géographie et la prophylaxie des teignes », dans *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, 2e série, 23, janvier 1865, p. 1-50.
- BERTILLON, L.A., *La démographie figurée de la France, ou étude statistique de la population française...*, Paris, Masson, 1874.
- BLANCHARD, R., *La Flandre, Étude géographique de la plaine flamande en France, Belgique et Hollande*, Lille, L. Danel, 1906.
- BLANCHARD, R., *La densité de population du département du Nord au XIXe siècle*, Lille, L. Danel, 1906.
- BORDIER, A., *La géographie médicale*, Paris, Reinwald, 1884.

- BOUDIN, J.C.M., *Traité de géographie et de statistique médicales et des maladies endémiques*, Paris, Baillière et fils, 1857, 2 vol.
- BOUDIN, J.C.M., « De la nécessité des croisements et du danger des unions consanguines, dans l'espèce humaine et parmi les animaux », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaires*, 3e série, 7, 1862, p. 193-240.
- BOUDIN, J.C.M., *Études ethnologiques sur la taille et le poids de l'homme chez divers peuples, et sur l'accroissement de la taille et de l'aptitude militaire en France*, Paris, V. Rozier, 1863.
- BOUDIN, J. C. M., « De l'accroissement de la taille et des conditions d'aptitude militaire en France », dans *Mémoires de la Société d'anthropologie*, 2, 1865, p. 221-259.
- BOUGUER, P., *Nouveau traité de navigation*, Paris, Guérin et Delatour, 1753.
- BOULAY de la MEURTHE, M.H., *Histoire du choléra-morbus dans le quartier du Luxembourg*, Paris, Renouard, 1832.
- BRIERRE de BOISMONT, A., *Relation historique et médicale du choléra-morbus en Pologne*, Paris, Germer-Baillière, 1832.
- BROCA, P., « Recherches sur l'ethnologie de la France », dans *Mémoires de la Société d'anthropologie*, 1, 1860-63, p. 1-56.
- BROCA, P., « Nouvelles recherches sur l'anthropologie de la France en général et de la Basse-Bretagne en particulier », dans *Mémoires de la Société d'anthropologie*, 3, 1869, p. 147-209.
- BROCA, P., *Sur l'origine et la répartition de la langue basque. Basques français et Basques espagnols*, Paris, E. Leroux, 1875.
- BUACHE, P., « Essai de géographie physique où l'on propose des vues générales sur l'espèce de charpente du Globe, composée de chaînes de montagnes, qui traversent les mers comme les terres », dans *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, 1752, p. 399-416.
- BUSCHICK, R., « Die Abhängigkeit der verschiedenen Bevölkerungsdichtigkeiten des Königreichs Sachsen von den geographischen Bedingungen », dans *Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig*, 2, 1895, p. 3-61.
- CHANTRIOT, E., *La Champagne. Étude de géographie régionale*, Nancy, Berger-Levrault, 1905.
- CHASSAGNE, A., « Contribution à l'ethnologie de la Basse-Bretagne », dans *Revue d'anthropologie*, 2e série, 4, 1881, p. 439-447.
- CHERVIN, A., *Géographie médicale du département de la Seine-inférieure*, Association française pour l'avancement des sciences, congrès de Rouen, 1883, Paris, l'Association, 1883.
- CHERVIN, N., LOUIS, P., TROUSSEAU, A., *Documents recueillis par MM. Chervin, Louis et Trousseau, membres de la commission médicale française envoyée à Gibraltar pour observer l'épidémie de 1828*, Paris, Imprimerie royale, 1830, 2 vol.
- CHOLLEY, A., « La Vôge », dans *Annales de géographie*, 23, 1914, p. 219-235.
- CLOUET (Abbé), *La géographie détaillée dans tous ses points*, Paris, Mondhard, 1761.
- CLOUET (Abbé), *Géographie moderne*, Paris, Mondhard, 1767.
- COLLIGNON, R., *Étude anthropométrique élémentaire des principales races de France*, Paris, A. Hennuyer, 1883.
- COLLIGNON, R., *L'anthropologie au conseil de révision, méthode à suivre, son application à l'étude des populations des Côtes-du-Nord*, Paris, A. Hennuyer, 1891.
- COLLIGNON, R., « De l'Auvergne à l'Atlantique », dans *Annales de géographie*, 5, 1896, p. 156-166.
- Commission sur le choléra : Parent-Duchâtelet, A., Villermé, L., Millot, L., Benoiston de Châteauneuf, L.F., et *alii*, *Rapport sur la marche et les effets du choléra-morbus dans Paris et les communes rurales du département de la Seine : année 1832*, Paris, Imprimerie royale, 1834.
- DANGEAU, L. de, *Nouvelle méthode de géographie historique*, Paris, A. Lambin, 1697.

- DEMANGEON, A., *La Picardie et les régions voisines. Artois-Cambrésis-Beauvaisis*, Paris, A. Colin, 1905.
- *Dénombrement des étrangers en France. Résultats statistiques du dénombrement de 1891*, Statistique générale de la France, Paris, Imprimerie nationale, 1893.
- DUPIN, C., *Forces productives et commerciales de la France*, Paris, Bachelier, 1827.
- FELICE, R. de, *La Basse-Normandie. Étude de géographie régionale*, Paris, Hachette, 1907.
- FLETCHER, J., « Moral and educational statistics of England and Wales », dans *Journal of the Statistical Society of London*, 12, 1849, p. 151-176 et 189-335.
- FOURCROY, C. de, *Essai d'une table poléométrique, ou amusement d'un amateur de plans sur la grandeur de quelques villes*, Paris, Dupain-Triel, 1782.
- GIRARD, F., FONTAINES, C., *Rapport sur l'épidémie de choléra-morbus qui a régné à Nismes*, Nîmes, Ballivet et Fabre, 1836.
- GLOY, A., « Beiträge zur Siedelungskunde Nordalbigiens », dans *Forschungen zur Deutschen Landes – und Volkskunde*, 7, 1893, p. 277-316.
- GUERRY, A.M., *Essai sur la statistique morale de la France*, Paris, Crochard, 1833.
- GUERRY, A.M., *Statistique morale de l'Angleterre comparée avec la statistique morale de la France*, Paris, Baillière, 1864.
- GUETTARD, J.E., « Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre », dans *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 1746, p. 363-392.
- HALMAGRAND, C., *Relation du choléra-morbus épidémique de Londres*, Paris, Mansut, 1832.
- HELLIS, C.E., *Souvenirs du choléra en 1832*, Paris, Baillière/Delaunay, 1833.
- *Historique et travaux de la fin du XVIIIe siècle au début du XXe avec 103 tableaux graphiques relatifs aux travaux les plus récents*, Statistique générale de la France, Paris, Imprimerie nationale, 1913.
- HUMBOLDT, A. von, « Sur les lignes isothermes », dans *Annales de chimie et de physique*, 5, 1817, p. 102-111.
- JOBERT, A., *Notice sur l'épidémie cholérique de 1865*, Paris, Baillière et fils, 1866.
- KAESEMACHER, C. « Die Volksdichte der thüringischen Triasmulde », dans *Forschungen zur Deutschen Landes – und Volkskunde*, 6, 1892, p. 167-226.
- LAGNEAU, G., *Quelques remarques ethnologiques sur la répartition de certaines infirmités en France*, Paris, Baillière et fils, 1871.
- LAGNEAU, G., « Carte ethnographique de la France », dans *Revue d'anthropologie*, 2e série, 4, 1879, p. 456-488.
- LAGNEAU, G., *De l'immigration en France*, Orléans, P. Colas, 1884.
- LAGNEAU, G., *La géographie anthropologique et médicale de la France (carte ethnographique)*, Paris, Martinet, s.d.
- LEVAINVILLE, J., *Le Morvan. Étude de géographie humaine*, Paris, A. Colin, 1905.
- LEVAINVILLE, J., *Rouen. Étude d'une agglomération urbaine*, Paris, A. Colin, 1913.
- LEVASSEUR, É., « Statistique de la superficie et de la population des contrées de la terre », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 1 (3) et (4), 1886, p. 1-114, et 2 (2), 1887, p. 163-242.
- LEVASSEUR, É., « La démographie française comparée », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 3 (3), 1888, p. 1-103.
- LEVASSEUR, É., *La population française. Histoire de la population avant 1789 et démographie de la France comparée à celle des autres nations au XIXe siècle, précédée d'une introduction sur la statistique*, Paris, Rousseau, 1889-1892, 3 vol.
- LEVASSEUR, É., « La répartition de la race humaine sur le globe terrestre », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 18 (2), 1909, p. 48-63.
- LOMBARD, H.C., *Notes historiques sur le choléra-morbus et sur les principales épidémies de cette maladie depuis 1817 jusqu'au mois d'octobre 1831*, Genève, Imprimerie de la Bibliothèque universelle, 1832.

- LUNIER, L., *De la production et de la consommation des boissons alcooliques en France et de leur influence sur la santé physique et intellectuelle des populations*, Paris, Savy, 1877.
- LUNIER, L., « La consommation des boissons alcooliques », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 19, 1878, p. 33-56.
- MADIN, M., *Considérations sur la nature et le traitement du choléra*, 3e éd., Verdun, Bastien, 1854.
- MAGITOT, É., *Recherches ethnologiques et statistiques sur les altérations du système dentaire*, Mémoire lu à la Société d'anthropologie de Paris, séance du 17 janvier 1867, Paris, Masson et fils, 1867.
- MALARCE, A. de, *La France morale, ou étude comparée de la moralité des diverses régions de la France*, Paris, E. Dentu, 1860.
- MALGAIGNE, J.F., « Recherche sur la fréquence des hernies, selon les sexes, les âges, et relativement à la population », dans *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, 24, juillet 1840, p. 5-54.
- MARTONNE, E. de, *La Valachie, essai de monographie géographique*, Paris, A. Colin, 1902.
- MARTONNE, E. de, *Qua arte formandae sint tabulae vere geographicae quae illustrent rationem distribuendorum incolarum. (Adjiciuntur duae tabulae Valachiae, exempli causa institutae)*, thèse de lettres, Université de Paris, Rennes, Oberthür, 1902.
- MARTONNE, E. de, *Recherches sur la distribution géographique de la population en Valachie (avec une étude critique sur les procédés de représentation de la population)*, Paris, A. Colin, 1903.
- MAYHEW, H., *London labour and the London poor*, Londres, 16 upper Wellington Street, Strand, 1851, 3 vol.
- MILHAUD, A., « La densité de la population française en 1801, 1846, 1896 », dans *Annales de géographie*, 5, 1898, p. 172-177.
- MINARD, C.J., *Des voyageurs internationaux sur le chemin de fer entre la Belgique et la Prusse*, Paris, de Fain et Thunot, 1846.
- MINARD, C.J., *La houille et l'exportation de la houille anglaise*, Paris, E. Thunot, 1866.
- MINARD, C.J., *Le libre-échange avec l'Angleterre en tableaux graphiques*, Paris, E. Thunot, 1867.
- MINARD, C.J., *Appendice à la carte des voyageurs sur les chemins de fer d'Europe en 1862, suivi de considérations sur les chemins de fer*, Paris, E. Thunot, 1867.
- MINARD, C.J., *Appendice à la carte figurative des céréales importées en France en 1867*, Paris, E. Thunot, 1868.
- MOLÉON, V. de, *Du choléra-morbus. Notice générale sur cette maladie, ses caractères et ses phénomènes*, Paris, 1831.
- MOREAU de JONNÈS, A., *Rapport au Conseil supérieur de santé sur la maladie pestilentielle désignée sous le nom de choléra-morbus de l'Inde et de Syrie*, Paris, Imprimerie royale, 1824.
- MOREAU de JONNÈS, A., *Rapport au Conseil supérieur de santé sur le choléra-morbus pestilentiel*, Paris, de Cosson, 1831.
- NEUMANN, L., « Die Volksdichte im Grossherzogtum Baden. Ein anthropogeographische Untersuchung », dans *Forschungen zur Deutschen Landes – und Volkskunde*, 7, 1893, p. 1-172.
- PARENT-DUCHÂTELET, A., *De la prostitution dans la ville de Paris, considérée sous le rapport de l'hygiène publique, de la morale et de l'administration*, Paris, J.B. Baillières, 1836, 2 vol.
- PASCALIS-OUVIÈRE, F., « Statement on the occurences during malignant yellow fever in the city of New York », dans *The Medical Repository*, nouv. série, 5, 1820, p. 229-256.
- PLAYFAIR, W., *The commercial and political atlas ; representing by means of stained copper-plate charts, the exports, imports and general trade of England ; the national debt, and other public accounts ; with observations and remarks*, Londres, Debrett, 1786.
- PLAYFAIR, W., *Lineal arithmetic ; applied to shew the progress of the commerce and revenue of England during the present century, which is represented (...) by thirty-three copper-plate charts*, Londres, A. Paris, 1798.

- PLAYFAIR, W., *Tableaux d'arithmétique linéaire, du commerce, des finances et de la dette nationale de l'Angleterre*, Paris, Barrois aîné, 1789.
- PLAYFAIR, W., *The statistical breviary ; shewing, on a principle entirely new, the resources of every state and kingdom in Europe*, Londres, Wallis, 1801.
- PLAYFAIR, W., *Élémens de statistique ; où l'on démontre, d'après un principe entièrement neuf, les ressources de chaque Royaume, État et République de l'Europe*, Paris, Batilliot et Genets, an XI (1802).
- PLAYFAIR, W., *An inquiry into the Permanent Causes of the Decline and Fall of Powerful and Wealthy Nations*, Londres, Marchant, 1805.
- PLAYFAIR, W., *A letter on our agricultural distresses, their causes and remedies ; accompanied with tables (…) and charts, shewing (…) the prices of wheat, bread and labour from 1565 to 1821*, Londres, W. Stams, 1821.
- QUÉTELET, A., *Recherches sur le penchant au crime aux différents âges*, Bruxelles, Hayez, 1831.
- RAYER, P., *Histoire de l'épidémie de suette miliaire qui a régné en 1821 dans les départemens de l'Oise et de Seine-et-Oise*, Paris, Baillière, 1822.
- RECLUS, É., *La terre. Description des phénomènes de la vie du globe*, t. 1, *Les continents*, Paris, Hachette, 1868.
- RECLUS, É., *La terre. Description des phénomènes de la vie du globe*, t. 2, *L'océan, l'atmosphère, la vie*, Paris, Hachette, 1869.
- RECLUS, É., *Nouvelle géographie universelle. La terre et les hommes*, Paris, Hachette, 1876-1894, 20 vol.
- RECLUS, É., « Introduction » à Joanne, P., *Dictionnaire géographique et administratif de la France*, Paris, Hachette, 1905.
- RECLUS, É., *L'homme et la terre*, Paris, Librairie Universelle, 1905-1908, 6 vol.
- *Résultats statistiques du dénombrement de 1886*. 1re partie, *France*, Statistique générale de la France, Paris/Nancy, Berger-Levrault, 1888.
- *Résultats statistiques du dénombrement de 1891*, Statistique générale de la France, Paris, Imprimerie nationale, 1894.
- ROBERT, É., « Densité de la population en Bretagne », dans *Annales de géographie*, 13, 1904, p. 296-309.
- ROTHENBURG, J.N.C., *Die Cholera Epidemie des Jahres 1832 in Hamburg*, Hambourg, Perthes et Besser, 1836.
- SEAMAN, V., « An inquiry into the cause of the prevalence of the yellow fever in New York », dans *The Medical Repository*, 1 (3), février 1798, p. 303-323.
- SISTACH, F., « Études statistiques sur les infirmités et le défaut de taille, considérés comme causes d'exemption du service militaire », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaire*, 3e série, 6, 1861, p. 353-389.
- SISTACH, F., *Études statistiques sur les varices et le varicocèle*, Paris, V. Rozier, 1863.
- SORRE, M., « La répartition des populations dans le Bas-Languedoc », dans *Bulletin de la Société languedocienne de géographie*, 29, 1906, p. 105-136 et p. 237-278.
- SORRE, M., « La plaine du Bas-Languedoc. Étude de géographie humaine », dans *Annales de géographie*, 16, 1907, p. 414-429.
- SORRE, M., *Les Pyrénées méditerranéennes. Étude de géographie biologique*, Paris, A. Colin, 1913.
- SPRECHER von BERNEGG, H., *Die Verteilung der bodenständigen Bevölkerung im Rheinischen Deutschland im Jahre 1820. Ein Betrag zur Methodik der Dichtigkeitskarten*, Göttingen, Huth, 1887.
- *Statistique annuelle, année 1885*, tome XV, ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, Paris/Nancy, Berger-Levrault, 1888.
- *Statistique annuelle. Année 1897*, tome XXVII, Paris, Imprimerie nationale, 1899.
- *Statistique sommaire des industries principales en 1873*, Statistique générale de la France, Paris, Imprimerie nationale, 1874.
- TOPINARD, P., « Carte de la couleur des yeux et des cheveux en France », dans *Revue d'anthropologie*, 3e série, 4, 1889, p. 513-530.

- TURQUAN, V., « Répartition géographique et densité de la population en France », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 27, 1886, p. 258-271.
- TURQUAN, V., « Note sur la densité de la population en France », dans *Bulletin de géographie historique et descriptive*, 5, 1888, p. 263-273.
- TURQUAN, V., « Étude de la répartition géographique et de la densité de la population en France commune par commune », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 7e série, 9, 1888, p. 544-555.
- TURQUAN, V., *Recensement et statistique financière des usines de France*, Paris, Guillaumin, 1891.
- TURQUAN, V., *Statistique des épidémies de grippe de 1890 et 1892 en France*, Paris, Berger-Levrault, 1893.
- TURQUAN, V., *De la durée de la génération virile et féminine*, Paris, secrétariat de l'Association française pour l'avancement des sciences, 1895.
- TURQUAN, V., *Essai de recensement des employés et fonctionnaires de l'État*, Paris, au secrétariat de la Société d'économie sociale, 1899.
- TURQUAN, V., *La fortune de la France, des familles et des individus*, Paris, au secrétariat de la Société d'économie sociale, 1901.
- TURQUAN, V., « Contribution à l'étude de la population et de la dépopulation », dans *Bulletin de la Société d'anthropologie de Lyon*, 21 (1), 1902, p. 5-170.
- TURQUAN, V., « Géographie agricole, industrielle, commerciale et économique du département du Rhône et régions environnantes », dans *Bulletin de la Société de géographie de Lyon*, 19 (2), avril 1904, p. 97-126, et 19 (4), octobre 1904, p. 273-315.
- VIDAL DE LA BLACHE, P., « Remarques sur la population de l'Inde anglaise », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 6e série, 13, 1877, p. 5-34.
- VIDAL DE LA BLACHE, P., « Le peuple de l'Inde », dans *Annales de géographie*, 15, 1906, p. 353-375.
- VIDAL DE LA BLACHE, P., « Évolution de la population en Alsace-Lorraine et dans les départements limitrophes », dans *Annales de géographie*, 25, 1916, p. 97-115.
- VIDAL DE LA BLACHE, P., GALLOIS, L., *Le bassin de la Sarre. Clauses du Traité de Versailles. Étude historique et économique*, Paris, A. Colin, s.d. (1919 ?).
- VILLENEUVE, J.P.A. de, (dit Villeneuve-Bargemont), *Économie politique chrétienne ou recherche sur la nature et les causes du paupérisme en France et en Europe et sur les moyens de le soulager et de le prévenir*, Paris, Paulin, 1834, 2 vol.
- VINGTRINIER, A. B., *Communication sur le goître endémique des rives de la Seine*, Caen, A. Hardel, 1863.

Ouvrages de référence

Ordre de classement : pour un même auteur, les titres des livres et articles sont classés dans l'ordre chronologique de publication.
Les citations infra-paginales ne sont pas systématiquement reprises.

Travaux anciens (avant 1920)

Principales revues

- *Album de statistique graphique*, Paris, 1879-1899.
- *Annales de Géographie*, Paris, depuis 1891-92.
- *Annales d'Hygiène Publique et de Médecine Légale*, Paris, depuis 1829.
- *Annales des Ponts et Chaussées*, Paris, depuis 1831.
- *(L') Année Cartographique*, Paris, 1890-1913.
- *Bulletin de la Société de Géographie*, Paris, 1822-1900.
- *Bulletin de l'Institut International de Statistique*, Rome puis La Haye, 1886-1915.
- *Bulletin du Conseil Supérieur de Statistique*, Paris, 1886-1888.

- *Compte-Rendu (*puis *Rapports et Résolutions) du Congrès International de statistique*, 1853-1876.
- *Journal de la Société de statistique de Paris*, Paris, depuis 1860.
- *Revue de Géographie*, Paris, Première série, 1877-1905.

Livres et articles

Nous citons également dans cette rubrique les éditions modernes d'ouvrages anciens.

- ALLAIRE, L.V., *Quelques recherches sur les infirmités*, Meaux, 1861.
- ALLAIRE, L.V., « Études statistiques sur les mort-nés en France », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaires*, 3e série, 8, 1863, p. 257-263.
- ANGEVILLE, A. d', *Essai sur la statistique de la population française, considérée sous quelques-uns de ses rapports physiques et moraux*, réimpression (1re éd., Bourg, F. Dufour, 1836), intr. d'E. Le Roy Ladurie, Paris/La Haye, Mouton, 1969.
- AUERBACH, B., « La répartition de la population sur le sol allemand », dans *Annales de géographie*, 5, 1896, p. 59-71 et p. 469-482.
- BALBI, A., *Abrégé de Géographie*, Paris, Renouard, 1833.
- BALLY, V., FRANÇOIS, A., PARISET, E., *Histoire médicale de la fièvre jaune observée en Espagne et particulièrement en Catalogne, dans l'année 1821*, Paris, L. Colas, 1823.
- BARTHOLOMEW, J.G., « The philosophy of map-making and the evolution of a great german atlas », réimpression (1re éd., *The Scottish Geographical Magazine*, 18, 1902, p. 34-39) dans *Acta Cartographica*, 9, 1970, p. 12-17.
- BELPAIRE, A., *Notice sur les cartes du mouvement des transports en Belgique*, Bruxelles, P. Vandermaelen, 1847.
- BERGERON, E.J., « Rapport général sur les épidémies qui ont régné en France pendant l'année 1865 », dans *Mémoires de l'Académie impériale de médecine*, 28, 1867, p. 52-114.
- BERTHAUT, H., *La carte de France (1750-1898). Étude historique*, Paris, Imprimerie du service géographique, 1898, 2 vol.
- BERTHAUT, H., *Les ingénieurs géographes militaires, 1624-1831. Étude historique*, Paris, Service géographique de l'armée, 1902, 2 vol.
- BERTILLON, J., *La Vie et les œuvres du docteur L.A. Bertillon*, Paris, Masson, 1883.
- BERTILLON, J., *Cours élémentaire de statistique administrative*, Paris, Société d'éditions scientifiques, 1896.
- BERTILLON, J., « Propositions relatives à l'uniformité à apporter dans l'établissement des graphiques », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 13 (1), 1901, p. 313-318.
- BERTILLON, L.A., *La démographie figurée de la France, ou étude statistique de la population française...*, Paris, Masson, 1874.
- BERTILLON, L.A., *Exposé des travaux scientifiques du Dr Bertillon*, Paris, Parent, 1875.
- BERTILLON, L.A., « Instructions pour la démographie et la géographie médicale » dans *Exposition internationale de Paris, 1878. Exposition des sciences anthropologiques*, Paris, Hennuyer, 1877, p. 7-12.
- BERTRAND, H., « De la géographie médicale et de la carte médicale de la France », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaires*, 2e série, 22, 1869, p. 177-188.
- BIGOT de MOROGUES, P.M., *De la misère des ouvriers et de la marche à suivre pour y remédier*, Paris, Huzard, 1832.
- BLISS, R., *Classified index to the maps in Petermann's Geographische Mitteilungen*, 1855-1881, Cambridge, Mass., University Press/J. Wilson & son, 1884.
- BLOCK, M., *Traité théorique et pratique de statistique*, Paris, Guillaumin, 1878.
- BLOCK, M., *Idem*, 2e éd., 1886.
- BORDIER, A., *La géographie médicale*, Paris, Reinwald, 1884.
- BOUDIN, J.C.M., *Traité de géographie et de statistique médicales et des maladies endémiques*, Paris, Baillière et fils, 1857.
- BOUDIN, J.C.M., « De la nécessité des croisements et du danger des unions consanguines, dans l'espèce humaine

et parmi les animaux », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaires*, 3e série, 7, 1862, p. 193-240.
- BOULAY de la MEURTHE, M.H., *Histoire du choléra-morbus dans le quartier du Luxembourg*, Paris, Renouard, 1832.
- BROCA, P., « Recherches sur l'ethnologie de la France », dans *Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 1, 1860-1863, p. 1-56.
- BROCA, P., « Nouvelles recherches sur l'anthropologie de la France en général et de la Basse-Bretagne en particulier », dans *Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 3, 1869, p. 147-209.
- BRUNHES, J., « Différences psychologiques et pédagogiques entre la conception statistique et la conception géographique de la géographie économique. Représentations statistiques et représentations géographiques », dans *Études géographiques*, 1 (4), octobre 1900, p. 45-105.
- BRUNHES, J., *La géographie humaine. Essai de classification positive, principes et exemples*, Paris, F. Alcan, 1910.
- BRUNHES, J., « Caractères des faits de géographie humaine », dans *Annales de géographie*, 22, 1913, p. 1-40.
- *Catalogue détaillé des ouvrages exposés par le ministère dans la salle n° 11 du palais des arts libéraux*, bureau de la Statistique générale de la France, Paris, Imprimerie nationale, 1889.
- CHARIÉ-MARSAINE, *Notice sur les travaux de M. le baron Charles Dupin relatifs aux Ponts et Chaussées et à l'administration des travaux publics*, Paris, P. Dupont, 1873.
- CHERVIN, A., « Louis-Adolphe Bertillon. Notice nécrologique », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 24, 1883, p. 133-142.
- CHEVALLIER, V., *Notice nécrologique sur M. Minard, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite*, Paris, Dunod, 1872.
- CHEYSSON, É., *Les méthodes de la statistique graphique à l'exposition universelle de 1878*, Paris, Berger-Levrault, 1878.
- CHEYSSON, É., « Notice statistique sur l'album des voies de communication », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 21, 1880, p. 6-11.
- CHEYSSON, É., « La question de la population en France et à l'étranger », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 24, 1883, p. 435-457.
- CHEYSSON, É., *Les cartogrammes à teintes graduées. Système de classification rendant comparables les divers cartogrammes d'une même série*, Nancy, Berger-Levrault, 1887.
- CHEYSSON, É., *Exposition universelle de 1889. Album de statistique graphique. Extrait des notices sur l'exposition du ministère des travaux publics*, Paris, Imprimerie nationale, 1889.
- CHEYSSON, É., *Les méthodes de la statistique*, Paris, Guillaumin, 1890.
- CHEYSSON, É., *Titres et travaux scientifiques de M. É. Cheysson*, Lille, Danel, 1893.
- CHEYSSON, É., *Catalogue des publications de M. Émile Cheysson, membre de l'Institut*, Paris, Imprimerie nationale, 1907.
- CHEYSSON, É., *Œuvres choisies*, Paris, Rousseau, 1911, 2 vol.
- Commission sur le Choléra ; Parent-Duchâtelet, A., Villermé, L., Millot, L., Benoiston de Châteauneuf, L.F., *Rapport sur la marche et les effets du choléra-morbus dans Paris et les communes rurales du département de la Seine : année 1832*, Paris, Imprimerie royale, 1834.
- COMOY, G.E., *Note sur les procédés employés pour composer les tableaux graphiques de la navigation du canal du Centre, et sur l'usage de ces tableaux*, Paris, 1854.
- *Compte-rendu sommaire des travaux scientifiques du Dr Jacques Bertillon*, Paris, Chaix, 1892.
- Congrès international de statistique ; Legoyt, A. (dir.), *Compte-rendu de la deuxième session du congrès international de statistique réuni à Paris les 10, 12, 13, 14 et 15 septembre 1855*, Paris, Bouchard-Huzard, 1856.
- Congrès international de statistique ; Ficker, A., (dir.), *Compte-rendu de la 3e session du congrès international de statistique réuni à Vienne les 31 août, 1, 2, 3, 4, 5 septembre 1857*, Vienne, Imprimerie impériale, 1857.

- Congrès international de statistique ; Engel, E., (dir.), *Compte-rendu général des travaux du congrès international de statistique dans ses séances tenues à Bruxelles, 1853 ; Paris, 1855 ; Vienne, 1857 et Londres, 1860*, Berlin, Imprimerie royale, 1863.
- Congrès international de statistique ; Maestri, P., (dir.), *Compte-rendu général des travaux du congrès international de statistique dans ses sessions de Bruxelles, 1853 ; Paris, 1855 ; Vienne, 1857 ; Londres, 1860 et Berlin, 1863*, Florence, G. Barbera, 1866.
- Congrès international de statistique ; *Congrès international de statistique à La Haye, 7e session du 6 au 11 septembre 1869, 1re partie : programme*, La Haye, M. Nijhoff, 1869.
- *Idem, 2e partie : compte-rendu des travaux*, La Haye, M. Nijhoff, 1871.
- Congrès international de statistique ; Séménov, P., (dir.), *Compte-rendu de la 8e session à Saint-Petersbourg. 1ère partie : programme*, Saint-Petersbourg, Trenké et Fusnot, 1872.
- *Idem, 2e partie : travaux du congrès*, Saint-Petersbourg, Trenké et Fusnot, 1874.
- Congrès international de statistique ; Keleti, C., (dir.), *Compte-rendu de la 9e session à Budapest. 1re partie : programme*, Budapest, Imprimerie de l'Athenaeum, 1876.
- *Idem, 2e partie : travaux du congrès*, Budapest, Imprimerie de l'Athenaeum, 1878.
- Congrès international de statistique ; commission permanente, *Compte-rendu des conférences de Stockholm en 1874*, Saint-Petersbourg, Trenké et Fusnot, 1874.
- Congrès international de statistique ; commission permanente, *4e session, Paris, 1878. Procès-verbaux des séances précédés d'un exposé sommaire des résolutions votées*, Paris, Imprimerie nationale, 1878.
- CORTAMBERT, E., « Place de la géographie dans la classification des sciences humaines », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 4e série, 3, janvier-juin 1852, p. 239-245.
- DANGEAU, L. de, *Nouvelle méthode de géographie historique*, Paris, A. Lambin, 1697.
- Dépôt général de la guerre, *Mémorial topographique et militaire*, Paris, Imprimerie de la République, vendémiaire an XI - prairial an XIII (1802-1804), 6 vol.
- Dépôt général de la guerre, *Mémorial topographique et militaire, n° 1, Topographie. IIIe trimestre de l'an IX*, Paris, Imprimerie de la République, vendémiaire an XI.
- Dépôt général de la guerre, *Mémorial topographique et militaire, n° 2, Historique. IVe trimestre de l'an X*, Paris, Imprimerie de la République, brumaire an XI.
- Dépôt général de la guerre, *Mémorial topographique et militaire, n° 5, Topographie. IIIe trimestre de l'an XI*, Paris, Imprimerie de la République, fructidor an XI.
- DUFAU, P., *Traité de statistique ou théorie de l'étude des lois*, Paris, Delloye, 1840.
- DUPIN, C., *Effets de l'enseignement populaire de la lecture, de l'écriture et de l'arithmétique, de la géométrie et de la mécanique appliquées aux arts, sur les prospérités de la France*, Discours prononcé dans la séance d'ouverture du cours normal de géométrie et de mécanique appliquées, le 30 novembre 1826, au Conservatoire des arts et métiers, Paris, Bachelier, 1826.
- DUPIN, C., *Forces productives et commerciales de la France*, Paris, Bachelier, 1827.
- FABRE, P., *Coup d'œil sur la géographie médicale, son passé, son présent et son avenir*, Paris, G. Steinheil, 1897.
- FALLATI, J., *Einleitung in die Wissenschaft der Statistik*, Tübingen, H. Laupp, 1843.
- FOURCROY, C. de, *Essai d'une table poléométrique, ou amusement d'un amateur de plans sur la grandeur de quelques villes*, Paris, Dupain-Triel, 1782.
- FOVILLE, A. de, « Notice historique sur la vie et les travaux de M. Émile Levasseur », dans *Séances et travaux de l'Académie des sciences morales et politiques*, nouv. série, 77, 1912, p. 27-45.

– FRANÇOIS, J., *La science de la géographie, divisée en trois parties, qui expliquent les divisions, les universalitez, et les particularitez du globe terrestre*, Rennes, J. Hardy, 1652.
– FRIEDRICH, E., *Die Anwendung der kartographischen Darstellungsmittel auf wirtschaftgeographischen Karten*, Leipzig, Drück von C. Schönert, 1901.
– GALLOIS, L., « Compte-rendu sur Paul Meuriot, Des agglomérations urbaines dans l'Europe contemporaine, Paris, Belin, 1897 », dans *Annales de géographie. Bibliographie de 1897*, 7, 1898, p. 56.
– GUERRY, A. M., *Essai sur la statistique morale de la France*, Paris, Crochard, 1833.
– GUERRY, A.M., *Statistique morale de l'Angleterre comparée avec la statistique morale de la France*, Paris, Baillière, 1864.
– *(A.M.) Guerry* (notice biographique), Paris, Baillière et fils, 1867.
– HALLAM, H., « An abstract of the proceedings of the Statistical Section of the British Association for the Advancement of Science, at the meeting held at Bristol in the month of august, 1836 », dans *Proceeding of the Statistical Society of London*, 1 (8), p. 187-190.
– HIRSCH, A., *Handbook of geographical and historical pathology*, Londres, The New Sydenham Society, 1883-1886, 3 vol.
– HUMBOLDT, A. von, *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle-Espagne*, Paris, F. Schoell, 1811.
– HUMBOLDT, A. von, « Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe », dans *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil*, 3, 1817, p. 462-602.
– HUNFALVY, J., *Quelques remarques sur les méthodes graphiques et géographiques*, mémoire rédigé en vue du IXe congrès international de statistique, Budapest, Imprimerie de l'Athenaeum, 1874.
– JOMARD, E., « Progrès de la collection géographique de la bibliothèque royale en 1844 », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 3e série, 2, 1844, p. 400-411.
– JOMARD, E., « Acquisitions de la bibliothèque royale pendant l'année 1846. 8e rapport », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 3e série, 6, 1846, p. 327-340.
– KOREN, J., (ed.), *The History of statistics. Their Development and Progress in many Countries*, New York, The Macmillan company, 1918.
– LACAINE, V., *Notice historique sur M. le baron Charles Dupin*, Paris, Maulde et Renou, 1837.
– LAGNEAU, G., *Quelques remarques ethnologiques sur la répartition de certaines infirmités en France*, Paris, Baillière et fils, 1871.
– LAGNEAU, G., « Carte ethnographique de la France », dans *Revue d'anthropologie*, 2e série, 4, 1879, p. 456-488.
– LAGNEAU, G., *Influence du milieu sur la race. Modifications mésologiques des caractères ethniques de notre population*, Paris, Picard et fils, 1895.
– LAGNEAU, G., *La géographie anthropologique et médicale de la France (carte ethnographique)*, Paris, Martinet, s.d.
– LALANNE, L.L., « Appendice sur la représentation graphique des tableaux météorologiques et des lois naturelles en général », dans Kaemtz, L.F., *Cours complet de météorologie*, Paris, Paulin, 1843, p. 1-35.
– LALANNE, L.L., « Mémoire sur la substitution de plans topographiques à des tables numériques à double entrée ; sur un nouveau mode de transformation des coordonnées, et sur ses applications à ce système des tables topographiques », dans *Compte-rendus des séances de l'Académie des sciences*, 16, 1er semestre 1843, p. 1162-1164.
– LALANNE, L.L., « Remarques à l'occasion du mémoire de M. Morlet sur les centres des figures ; et réflexions sur la représentation graphique de divers éléments relatifs à la population » dans *Compte-rendus des séances de l'Académie des sciences*, 20, 1er semestre 1845, p. 438-441.
– LALANNE, L.L., « Mémoire sur les tables graphiques et sur la géométrie anamorphique appliquée à diverses questions qui se rattachent à l'art de

l'ingénieur », dans *Annales des Ponts et Chaussées*, 2e série, 11, 1er semestre 1846, p. 1-69.
- LALANNE, L.L., « Essai d'une théorie des réseaux de chemin de fer, fondée sur l'observation des faits et sur les lois primordiales qui président au groupement des populations », dans *Compte-rendus des séances de l'Académie des sciences*, 57, 2e semestre 1863, p. 206-210.
- LALANNE, L.L., *Méthodes graphiques pour l'expression des lois empiriques ou mathématiques à 3 variables*, Paris, Imprimerie nationale, 1878.
- LALANNE, L.L., « Présentation d'une carte statistique de M. A. Durand-Claye », dans *Compte-rendus des séances de l'Académie des sciences*, 95, 2e semestre 1882, p. 741-742.
- LEVASSEUR, É., *L'étude et l'enseignement de la géographie*, Paris, Delagrave, 1872.
- LEVASSEUR, É., « L'organisation, les travaux et les publications de la statistique officielle en France », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 26 (6), juin 1885, p. 225-284.
- LEVASSEUR, É., *La statistique graphique. Communication présentée au Congrès International de Statistique, tenu lors du jubilé de la Société de statistique de Londres, 23 juin 1885*, Londres, E. Stanford, 1885.
- LEVASSEUR, É., « Quelques réflexions sur la statistique graphique », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 27, 1886, p. 224-226.
- LEVASSEUR, É., « Statistique de la superficie et de la population des contrées de la terre », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 1 (3 et 4), 1886, p. 1-114, et 2 (2), 1887, p. 163-242.
- LEVASSEUR, É., « La démographie française comparée », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 3 (3), 1888, p. 1-103.
- LEVASSEUR, É., *Esquisse de l'ethnographie de la France*, Paris, F. Didot, 1888.
- LEVASSEUR, É., *La population française. Histoire de la population avant 1789 et démographie de la France comparée à celle des autres nations au XIXe siècle, précédée d'une introduction sur la statistique*, Paris, Rousseau, 1889-1891, 3 vol.
- LEVASSEUR, É., « La répartition de la race humaine sur le globe terrestre », dans *Bulletin de l'Institut international de statistique*, 18 (2), 1909, p. 48-63.
- LEVY, R.G., « Levasseur », dans *Revue des Deux Mondes*, 81, 6e période, t. 5, 1911, p. 96-131.
- LIESSE, A., « Notice sur la vie et les travaux de M. Émile Levasseur », dans *Séances et travaux de l'Académie des sciences morales et politiques*, nouv. série, 81 (1), 1914, p. 337-361.
- LOMBARD, H.C., *Traité de climatologie médicale*, Paris, Baillière, 1877-1880, 4 vol.
- LOUA, T., « La cartographie du mouvement de la population » dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 25, 1884, p. 183-184.
- LOUA, T., « Les cartogrammes à transformations de M. de Foville », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 32, 1891, p. 191-192.
- LUBIN, A., *Mercure géographique, ou le guide des curieux des cartes géographiques*, Paris, C. Remy, 1678.
- LUEDER, A.F., *Kritische Geschichte der Statistik*, Göttingen, J. F. Röwer, 1817.
- MALARCE, A. de, *La France morale, ou étude comparée de la moralité des diverses régions de la France*, Paris, E. Dentu, 1860.
- MALGAIGNE, J.F., « Recherche sur la fréquence des hernies, selon les sexes, les âges, et relativement à la population », dans *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, 24, juillet 1840, p. 5-54.
- MALTE-BRUN, C., *Mélanges scientifiques et littéraires de Malte-Brun*, Paris, Aimé André, 1828, 3 vol.
- MARCH, L., « Les représentations graphiques et la statistique comparative », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 45, 1904, p. 407-420.
- MAREY, E.J., *La méthode graphique dans les sciences expérimentales, et principalement en physiologie et en médecine*, Paris, Masson, 1878.
- MARGERIE, E. de, RAVENAU, L., « La cartographie à l'exposition univer-

selle de 1900 » dans *Annales de géographie*, 9, 1900, p. 291-312.
- MARTONNE, E. de, *La Valachie, essai de monographie géographique*, Paris, A. Colin, 1902.
- MARTONNE, E. de, *Qua arte formandae sint tabulae vere geographicae quae illustrent rationem distribuendorum incolarum. (Adjiciuntur duae tabulae Valachiae, exempli causa institutae)*, thèse de lettres, Université de Paris, Rennes, Oberthür, 1902.
- MARTONNE, E. de, *Recherches sur la distribution géographique de la population en Valachie (avec une étude critique sur les procédés de représentation de la population)*, Paris, A. Colin, 1903.
- MAURETTE, F., « La population de la France au début du XXe siècle », dans *Annales de géographie*, 18, 1909, p. 125-140.
- MAYR, G. von., « Zur Verständigung über die Anwendung der « geographischen Methode » in der Statistik », dans *Congrès international de statistique de Saint-Petersbourg. Huitième session du 10 au 17 août 1872. 1re partie, programme*, Saint-Petersbourg, Trenké et Fusnot, 1872, p. 50-55.
- MAYR, G. von., *Gutachten über die Anwedung der graphischen und geographischen Methode in der Statistik*, Munich, Gotteswinter & Mössl, 1874.
- MAYR, G. von., *Die Gesetzmässigkeit im Gesellschaftsleben, statistische Studien*, Munich, Oldenburg, 1877.
- MAYR, G. von., *Statistik und Gesellschaftslehre*, t. I, *Theoretische Statistik*, Fribourg-en-Bresgau, Mohr, 1895.
- MILLOT, L., BARBIÉ DU BOCAGE, J.G., « De la carte spéciale jointe à ce numéro », dans *Journal des conseillers municipaux*, 12, juillet 1834, p. 397-399.
- MINARD, C.J., *Second mémoire sur l'importance du parcours partiel sur les chemins de fer*, Paris, de Fain et Thunot, 1843.
- MINARD, C.J., *Des conséquences du voisinage des chemins de fer et des voies navigables, ou de l'importance des parcours partiels*, Paris, de Fain et Thunot, 1844.
- MINARD, C.J., *Un épisode de la guerre ouverte entre les chemins de fer et les voies navigables*, Paris, de Fain et Thunot, 1845.
- MINARD, C.J., *Des voyageurs internationaux sur le chemin de fer entre la Belgique et la Prusse*, Paris, de Fain et Thunot, 1846.
- MINARD, C.J., *Des tableaux graphiques et des cartes figuratives*, s.l., 1861.
- MINARD, C.J., *La houille et l'exportation de la houille anglaise*, Paris, E. Thunot, 1866.
- MINARD, C.J., *Le libre-échange avec l'Angleterre en tableaux graphiques*, Paris, E. Thunot, 1867.
- MINARD, C.J., *Appendice à la carte des voyageurs sur les chemins de fer d'Europe en 1862, suivi de considérations sur les chemins de fer*, Paris, E. Thunot, 1867.
- MINARD, C.J., *Appendice à la carte figurative des céréales importées en France en 1867*, Paris, E. Thunot, 1868.
- MINARD, C.J., *La statistique*, Paris, de Cusset, 1869.
- MINARD, C.J., « Notions élémentaires d'économie politique appliquées aux travaux publics », dans *Annales des Ponts et Chaussées*, 2e série, 19, 1er semestre 1850, p. 1-125.
- MOREAU DE JONNÈS, A., *Éléments de statistique comprenant les principes généraux de cette science, et un aperçu historique de ses progrès*, Paris, Guillaumin, 1847.
- NEUKIRCH, K., *Studien über die Darstellbarkeit der Volksdichte*, Braunschweig, W. Scholz, 1897.
- *Note sur les travaux de M. Émile Cheysson*, Paris, Imprimerie de A. Davy, 1876.
- *Notice sur les travaux et titres scientifiques de M. Léon Lalanne*, Paris, Gauthier-Villars, 1876.
- PARENT-DUCHÂTELET, A., *De la prostitution dans la ville de Paris, considérée sous le rapport de l'hygiène publique, de la morale, et de l'administration*, Paris, J.B. Baillière, 1836, 2 vol.
- PETERMANN, A., *Statistical notes to the cholera map of the British Isles showing the districts attacked in 1831, 1832 and 1833*, Londres, J. Betts, 1852.
- PEUCHET, J., *Statistique élémentaire de la France*, Paris, Gilbert, 1805.

- PILASTRE, E., *Malgaigne (1806-1865). Étude sur sa vie et ses idées*, Paris, F. Alcan, 1905.
- PLAYFAIR, W., *The commercial and political atlas ; representing by means of stained copper-plate charts, the exports, imports and general trade of England ; the national debt, and other public accounts ; with observations and remarks*, Londres, Debrett, 1786.
- PLAYFAIR, W., *Tableaux d'arithmétique linéaire, du commerce, des finances et de la dette nationale de l'Angleterre*, Paris, Barrois aîné, 1789.
- PLAYFAIR, W., *Lineal arithmetic ; applied to shew the progress of the commerce and revenue of England during the present century, which is represented (...) by thirty-three copper-plate charts*, Londres, A. Paris, 1798.
- PLAYFAIR, W., *The statistical breviary ; shewing, on a principle entirely new, the resources of every state and kingdom in Europe*, Londres, Wallis, 1801.
- PLAYFAIR, W., *Élemens de statistique ; où l'on démontre, d'après un principe entièrement neuf, les ressources de chaque Royaume, État et République de l'Europe*, Paris, Batilliot et Genets, an XI (1802).
- PLAYFAIR, W., *An Inquiry into the Permanent Causes of the Decline and Fall of Powerful and Wealthy Nations*, Londres, Marchant, 1805.
- Railway commissioners, *Second report of the commissioners appointed to consider and recommend a general system of railways for Ireland*, Dublin, H.M.S.O., 1838.
- RATZEL, F., *Anthropo-Geographie, oder Grundzüge der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte*, Stuttgart, J. Engelhorn, 1882.
- RATZEL, F., *Anthropogeographie II. Die Geographische Verbreitung des Menschen*, Stuttgart, J. Engelhorn, 1891.
- RATZEL, F., « Die Lage im Mittelpunkt des geographischen Unterrichtes », dans *Geographische Zeitschrift*, 6, 1900, p. 20-27.
- RAVENAU, L., « L'élément humain dans la géographie. L'anthropogéographie de M. Ratzel », dans *Annales de géographie*, 1, 1892, p. 331-347.
- RECLUS, É., *La terre. Description des phénomènes de la vie du globe*, t. I, *Les continents*, Paris, Hachette, 1868.
- RECLUS, É., *La terre. Description des phénomènes de la vie du globe*, t. II, *L'océan. L'atmosphère. La vie*, Paris, Hachette, 1869.
- RECLUS, É., *Nouvelle géographie universelle. La terre et les hommes*, Paris, Hachette, 1876-1894, 20 vol.
- RECLUS, É., « À propos d'une carte statistique », dans *Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie*, 5, 1889-1890, p. 122-124.
- RECLUS, É., *Leçon d'ouverture du cours de géographie comparée dans l'espace et le temps*, Bruxelles, Lamertin, 1894.
- RECLUS, É., *L'homme et la terre*, Paris, Librairie universelle, 1905-1908, 6 vol.
- ROBERT, É., « Densité de la population en Bretagne », dans *Annales de géographie*, 13, 1904, p. 296-309.
- SISTACH, F., « Études statistiques sur les infirmités et le défaut de taille, considérés comme causes d'exemption du service militaire », dans *Recueil de mémoires de médecine, de chirurgie et de pharmacie militaires*, 3e série, 6, 1861, p. 353-389.
- SISTACH, F., *Études statistiques sur les varices et le varicocèle*, Paris, V. Rozier, 1863.
- SORRE, M., « La répartition des populations dans le Bas-Languedoc », dans *Bulletin de la Société languedocienne de géographie*, 29, 1906, p. 105-136 et p. 237-278.
- SORRE, M., « La plaine du Bas-Languedoc. Étude de géographie humaine », dans *Annales de géographie*, 16, 1907, p. 414-429.
- SYDOW, E. von., « Der kartographische Standpunkt Europa's am Schlusse des Jahres 1858 », dans *Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt*, 5, 1859, p. 209-256.
- TARBÉ de SAINT-HARDOUIN, F., *Notices biographiques sur les ingénieurs des Ponts et Chaussées*, Paris, Librairie Polytechnique, 1884.
- TOPINARD, P., *Éléments d'anthropologie générale*, Paris, A. Delahaye et E. Lecrosnier, 1885.

– *Travaux théoriques et pratiques de Charles Dupin*, Paris, Jeune homme Cremiere, 1818.
– TURQUAN, V., *Tableaux géographiques. La géographie enseignée par des tableaux synoptiques*, Paris, C. Bayle, 1885.
– TURQUAN, V., « Répartition géographique et densité de la population en France », dans *Journal de la Société de statistique de Paris*, 27, 1886, p. 258-271.
– TURQUAN, V., « Note sur la densité de la population en France », dans *Bulletin de géographie historique et descriptive*, 5, 1888, p. 263-273.
– TURQUAN, V., « Étude de la répartition géographique et de la densité de la population en France commune par commune », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 7e série, 9, 1888, p. 544-555.
– TURQUAN, V., *Manuel de statistique pratique*, Paris/Nancy, Berger-Levrault, 1891.
– TURQUAN, V., « Contribution à l'étude de la population et de la dépopulation », dans *Bulletin de la Société d'anthropologie de Lyon*, 21 (1), 1902, p. 5-170.
– TURQUAN, V., « Géographie agricole, industrielle, commerciale et économique du département du Rhône et régions environnantes », dans *Bulletin de la Société de géographie de Lyon*, 19 (2), avril 1904, p. 97-126, et 19 (4), octobre 1904, p. 273-315.
– VAUTHIER, L.L., « Note sur une carte statistique figurant la répartition de la population de Paris », dans *Compte-rendus des séances de l'Académie des sciences*, 78, 1874, p. 264-267.
– VAUTHIER, L.L., *Exposition universelle de Paris, 1878. Cartes statistiques à reliefs*, Paris, Chaix, 1878.
– VAUTHIER, L.L., *Quelques considérations élémentaires sur les constructions graphiques et leur emploi statistique*, Nancy, Berger-Levrault, 1890.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « Remarques sur la population de l'Inde anglaise », dans *Bulletin de la Société de géographie*, 6e série, 13, 1877, p. 5-34.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « La géographie politique, à propos des écrits de M. Frédéric Ratzel », dans *Annales de géographie*, 7, 1898, p. 97-111.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « La géographie humaine. Ses rapports avec la géographie de la vie », dans *Revue de synthèse historique*, 7 (2), août-décembre 1903, p. 219-240.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « Application des lignes d'équidistance à l'étude anthropogéographique de la Méditerranée », dans *Report of the eighth International Geographic Congress*, Washington, 1904, p. 676-677.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « La carte de France au 50 000e », dans *Annales de géographie*, 13, 1904, p. 113-120.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « Le peuple de l'Inde », dans *Annales de géographie*, 15, 1906, p. 353-375.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « Notes et correspondance. L'album de statistique graphique de 1900 », dans *Annales de géographie*, 16, 1907, p. 175-177.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « Nécrologie. Émile Levasseur », dans *Annales de géographie*, 20, 1911, p. 456-458.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., « Évolution de la population en Alsace-Lorraine et dans les départements limitrophes », dans *Annales de géographie*, 25, 1916, p. 97-115.
– VIDAL DE LA BLACHE, P., *Principes de géographie humaine*, Paris, A. Colin, 1921. (Publication posthume).
– VIDAL DE LA BLACHE, P., GALLOIS, L., *Le bassin de la Sarre. Clauses du Traité de Versailles. Étude historique et économique*, Paris, A. Colin, s.d. (1919 ?).
– VILLENEUVE, J.P.A. de, (dit : Villeneuve-Bargemont), *Économie politique chrétienne ou recherche sur la nature et les causes du paupérisme en France et en Europe et sur les moyens de le soulager et de le prévenir*, Paris, Paulin, 1834, 2 vol.
– VINGTRINIER, A.B., *Communication sur le goître endémique des rives de la Seine*, Caen, A. Hardel, 1863.

Travaux modernes (après 1920)

Principales revues

- *(The) American Cartographer*, Washington, depuis 1974.
- *Bulletin du Comité Français des Techniques Cartographiques*, Paris, (1958-1962) ; devenu *Bulletin du Comité Français de Cartographie*, Paris, depuis 1962.
- *(The) Cartographer*, Ottawa, (1965-1967) ; devenu *(The) Canadian Cartographer*, Ottawa, (1968-1979).
- *Cartographica Monographs* (monographies de *The Canadian Cartographer)*, Ottawa, (1971-1979).
- *Cartographica*, Ottawa, depuis 1980 ; fait suite à *The Canadian Cartographer* et *Cartographica Monographs.*
- *(La) Cartographie Mondiale*, New York, Nations Unies, depuis 1951.
- *Imago Mundi. Jahrbuch der Alten Kartographie*, Berlin, 1935 ; devenu *Imago Mundi. A Review of Early Cartography*, Amsterdam, depuis 1937.
- *International Yearbook of Cartography. Internationales Jahrbuch für Kartographie. Annuaire international de cartographie*, Bonn/Bad-Godesberg, depuis 1961.
- *Kartographische Nachrichten. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Kartographie*, Bielefeld, depuis 1956.
- *(The) Map Collector*, Tring - Hertfordshire, depuis 1977.
- *Mappemonde*, Montpellier, depuis 1986.
- *(The) Professional Geographer*, New York, depuis 1949.

Livres et articles

- ACKERKNECHT, E., *History and geography of the most important diseases*, New York/Londres, Hafner, 1965.
- ARBELLOT, G., « La grande mutation des routes de France au milieu du XVIIIe siècle », dans *Annales : Économies, Sociétés, Civilisations*, 28 (3), mai-juin 1973, p. 765-790.
- ARBELLOT, G., « Le réseau des routes de postes. Objet des premières cartes thématiques de la France moderne », dans *Actes du 104e Congrès des Sociétés Savantes, Bordeaux, 1979. Histoire moderne et contemporaine*, tome 1 : *Les transports de 1610 à nos jours*, Paris, Bibliothèque nationale, 1980, p. 97-115.
- ARBELLOT, G., *Autour des routes de poste. Les premières cartes routières de la France, XVIIe-XIXe siècle*, Paris, Bibliothèque nationale/Musée de la Poste, 1992.
- ARMITAGE, A., *Edmond Halley*, Londres, Nelson, 1966.
- ARNBERGER, E., *Handbuch der thematischen Kartographie*, Vienne, Franz Deuticke, 1966.
- BACKHOFF, G.A., « Förslag till intensitetsskalor för folktätkartor konstruerade enligt den absoluta prickmetoden », dans *Globen*, 5 (4), 1926, p. 25-28.
- AUBUSSON DE CARVALAY, B., HURE, M.-S., POTTIER. M.-L., *Les statistiques criminelles de 1831 à 1981*, Paris, CESDIP, 1989.
- BALOGUN, O.Y., « Communicating through statistical maps », dans *International Yearbook of Cartography*, 22, 1982, p. 23-41.
- BARBIEN, F., (dir.), *La carte manuscrite et imprimée du XVIe au XIXe siècle*, journées d'études sur l'histoire du livre et des documents graphiques, Valenciennes, 17 novembre 1981 ; Munich/Londres/Paris, Saur, 1983.
- BÉDARIDA, F., « Statistique et société en Angleterre au XIXe siècle », dans *Pour une histoire de la statistique*, tome I, Paris, Economica/INSEE, 2e éd., 1987, p. 493-508.
- BERDOULAY, V., *La formation de l'école française de géographie (1870-1914)*, Paris, éd. du C.T.H.S., 1981 ; rééd. C.T.H.S. - Format n° 19, 1995.
- BERTIN, J., « La graphique », dans *Communications*, 15, 1970, p. 169-185.
- BERTIN, J., « La cartographie thématique en France », dans *Rapport de la commission de cartographie thématique du Comité français de cartographie*, Paris, Comité français de cartographie, août 1972, introduction.
- BERTIN, J., *Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes*, 2e éd., Paris/La Haye, Mouton, Paris, Gauthier-Villars, 1973.

- BERTIN, J., *La graphique et le traitement graphique de l'information*, Paris, Flammarion, 1977.
- BERTIN, J., « Perception visuelle et transcription cartographique », dans *La cartographie mondiale*, 15, 1979, p. 17-27.
- BIRCH, T.W., *Maps, Topographical and Statistical*, Oxford, Clarendon Press, 1964.
- BLAKEMORE, M.J., HARLEY, J.B., « Concepts in the History of Cartography. A review and perspectives », dans *Cartographica monographs*, 26, *Cartographica*, 17 (4), 1980.
- BORMANN, W., *Allgemeine Kartenkunde*, Lahr Schwartzwald, Astra, 1954.
- BOUD, R.C., « The early development of british geological maps », dans *Imago Mundi*, 27, 1975, p. 73-95.
- BOUDON, R., « Propriétés individuelles et propriétés collectives : un problème d'analyse écologique », dans *Revue française de sociologie*, 4 (3), 1963, p. 275-299. Repris dans Boudon, R., Lazarsfeld, P., *L'analyse empirique de la causalité*, Paris/La Haye, Mouton, p. 191-219.
- BOURGUET, M.-N., *Déchiffrer la France. La statistique départementale à l'époque napoléonienne*, Paris/Montreux, Éditions des archives contemporaines, 1988.
- BROC, N., « Un géographe dans son siècle : Philippe Buache (1700-1773) », dans *Dix-huitième siècle*, 3, 1971, p. 222-235.
- BROC, N., « L'établissement de la géographie en France : diffusion, institutions, projets (1870-1890) », dans *Annales de géographie*, 83, 1974, p. 545-568.
- BROC, N., *La géographie des Philosophes. Géographes et voyageurs français au XVIIIe siècle*, Paris, Ophrys, 1975.
- BROC, N., « La pensée géographique en France au XIXe siècle : continuité ou rupture ? », dans *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 47 (3), 1976, p. 225-247.
- BROC, N., « La géographie française face à la science allemande (1870-1914) », dans *Annales de géographie*, 86, 1977, p. 71-94.
- BRUNET, R., *La carte mode d'emploi*, Paris/Montpellier, Fayard, Reclus, 1987.
- CARON, R., « Les choix du cartographe », dans *Cartes et figures de la terre*, Catalogue de l'exposition du Centre G. Pompidou, Paris, L'édition artistique, 1980, p. 9-15.
- *Cartes et figures de la terre*, Catalogue de l'exposition du Centre G. Pompidou, Paris, L'édition artistique, 1980.
- CASTNER, H.W., « Special purpose mapping in 18th Century Russia : a search for the Beginnings of Thematic Mapping », dans *The American Cartographer*, 7, octobre 1980, p. 163-175.
- CHARTIER, R., « Les deux France. Histoire d'une géographie », dans *Cahiers d'Histoire*, 23 (4), 1978, p. 393-415.
- CHARTIER, R., « La ligne Saint-Malo-Genève », dans Nora, P., (dir.), *Les lieux de mémoire*, t. 3, *Les Frances*, vol. 1, *Conflits et partages*, Paris, Gallimard, 1992, p. 738-775.
- *Les chemins de fer dans la région de Montbéliard au XIXe siècle et au début du XXe siècle*, Catalogue de l'exposition présentée à Montbéliard, 1er octobre 1978 - 30 janvier 1979, Montbéliard, Musée du Château, 1978.
- CLAVAL, P., *La pensée géographique. Introduction à son histoire*, Paris, SEDES, 1972.
- CLAVAL, P., « La naissance de la géographie humaine », dans *La pensée géographique française contemporaine*, Mélanges offerts à A. Meynier, Saint-Brieuc, Presses universitaires de Bretagne, 1972, p. 355-376.
- CLAVAL, P., *Essai sur l'évolution de la géographie humaine*, 2e éd., (*Annales littéraires de l'université de Besançon*, 191/*Cahiers de géographie de Besançon*, 25), Paris, Les Belles Lettres, 1976.
- CLAVAL, P., « Les langages de la géographie et le rôle du discours dans son évolution », dans *Annales de géographie*, 93, 1984, p. 409-422.
- CLAVAL, P., WIEBER, J.C., *La Cartographie thématique comme méthode de recherche. (Annales littéraires de l'université de Besançon*, 106/*Cahiers de géographie de Besançon*, 18), Paris, Les Belles Lettres, 1969, 2 vol.

- CLOZIER, R., *Les étapes de la géographie*, Paris, Presses universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », 1942.
- CLUTTON, E., « On the nature of Thematic Maps and their History », dans *The Map Collector*, 22, mars 1983, p. 42-43.
- Congrès international de géographie, 20th International geographical congress, 1964, *International exhibition of thematic maps. Catalogue of exhibits*, Windsor, J.B. Reed, 1964.
- CREUTZBURG, N., « Zum Problem der thematischen Karten in Atlaswerken », dans *Kartographische Nachrichten*, 3, 1953, p. 11-12.
- CRONE, G. R., *Maps and their makers. An introduction to the history of cartography*, 5e éd., Folkestone, Dawson/Hamden, Archon Books, 1978.
- CUÉNIN, R., *Cartographie générale*, t. I, *Notions générales et principes d'élaboration*, Paris, Eyrolles, 1972.
- CUFF, D., MATTSON, M., *Thematic maps : their design and production*, New York/Londres, Methuen, 1982.
- DAINVILLE, F. de, « Grandeur et population des villes au XVIIIe siècle », dans *Population*, 3, 1958, p. 459-480.
- DAINVILLE, F. de, « De la profondeur à l'altitude. Des origines marines de l'expression cartographique du relief terrestre par cotes et courbes de niveau », dans Mollat, M., (dir.), *Le navire et l'économie maritime du Moyen Âge au XVIIIe siècle*, Travaux du deuxième colloque international d'histoire maritime, 17 mai 1957, Paris, SEVPEN, 1959, p. 195-209.
- DAINVILLE, F. de, *Le langage des géographes*, Paris, Picard, 1964.
- DAINVILLE, F. de, « Les bases d'une cartographie industrielle de l'Europe au XIXe siècle », dans *L'industrialisation en Europe au dix-neuvième siècle, cartographie et typologie*, Colloques internationaux du CNRS, Lyon, 1970, Paris, Bibliothèque nationale, 1972, p. 15-33.
- DAINVILLE, F. de, *La cartographie reflet de l'histoire*, réimpression d'articles présentés par M. Mollat du Jourdin, Genève/Paris, Slatkine, 1986.
- DESAIVE, J.P., GOUBERT, J.P., LE ROY LADURIE, E., (dir.), *Médecins, climats et épidémies à la fin du XVIIIe siècle*, Paris/La Haye, Mouton, 1972.
- DICKINSON, G.C., *Statistical Mapping and the Presentation of Statistics*, Londres, E. Arnold, 1973.
- DU BUS, C., *Démocartographie de la France. Des origines à nos jours*, Paris, F. Alcan, 1931.
- DUPÂQUIER, M., « La famille Bertillon et la naissance d'une nouvelles science sociale : la démographie », dans *Annales de démographie historique*, 1983, p. 293-311.
- DUPÂQUIER, J. ET M., *Histoire de la démographie. La statistique de la population des origines à 1914*, Paris, Perrin, 1985.
- ECKERT, M., *Die Kartenwissenschaft. Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft*, Berlin/Leipzig, W. de Gruyter, 1921 et 1925, 2 vol.
- ECO, U., *Appunti per una semiologia delle communicazioni visive*, Milan, Bompiani, 1967.
- ECO, U., « Sémiologie des messages visuels », dans *Communications*, 15, 1970, p. 11-51.
- ECO, U., *La structure absente. Introduction à la recherche sémiotique*, Paris, Mercure de France, 1972.
- ECO, U., *Le signe. Histoire et analyse d'un concept*, Bruxelles, Labor, 1988.
- ECO, U., *La production des signes*, Paris, Le livre de poche, 1992.
- ELLIOT, J., *The City in Maps. Urban mapping to 1900*, Londres, British Library, 1987.
- ENGELMANN, G., « Der physikalische Atlas des Heinrich Berghaus. Die Kartographische Technik der ältesten thematischen Kartensammlung », dans *International Yearbook of Cartography*, 4, 1964, p. 154-161.
- ENGELMANN, G., « Frühe thematische Karten zur ökonomische Geographie », dans *Mitteilungen der geographischen Gesellschaft der Deutschen Demokratischen Republik*, 33, 1965, p. 233-240.
- ENGELMANN, G., « Carl Ritters' "Sechs Karten von Europa" », dans *Erdkunde*, 20 (2), 1966, p. 104-110.

- ENGELMANN, G., « Alexander von Humboldts kartographische Leistung », dans *Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Geographisches Institut der Deutschen Akademie der Wissenschatf*, 27-28, 1970, p. 5-21.
- ENGELMANN, G., « Heinrich Berghaus, der Kartograph von Potsdam », dans *Acta Historica Leopoldina*, 10, 1977.
- *Espace français. Vision et aménagement, XVIe-XIXe siècle*, Catalogue de l'exposition des Archives nationales, Paris, Archives nationales, 1987.
- EYLES, V.A., « Mineralogical Maps as Forerunners of Modern Geological Maps », dans *Cartographic Journal*, 9, 1972, p. 133-135.
- FIERRO, A., *La société de géographie, 1821-1946*, Genève, Paris, Droz, H. Champion, 1983.
- FIERRO-DOMENECH, A., « La création des départements », dans *Espace français. Vision et aménagement, XVIe-XIXe siècle*, Catalogue de l'exposition des Archives nationales, Paris, Archives nationales, 1987, p. 75-76.
- FONCIN, M., « La représentation de la végétation sur les cartes anciennes », dans *Méthodes de la cartographie de la végétation*, Colloque du CNRS, Toulouse, 1960, Paris, Éditions du CNRS, 1961, p. 147-155.
- FONCIN, M., « A manuscript economic map of France (end of XVIIIth century) », dans *Imago Mundi*, 19, 1965, p. 51-55.
- FORDHAM, H.G., *Catalogue des guides routiers et des itinéraires français, 1552-1850*, Paris, Imprimerie nationale, 1920.
- FORDHAM, H.G., *Maps, their history, characteristics and uses*, Cambridge, Cambridge University Press, 1921.
- FORDHAM, H.G., *The Listes générales des postes de France (1708-1779) and the Jaillots, géographes ordinaires du Roi*, Londres, Oxford University Press, 1922.
- FORDHAM, H.G., *Notes on the itineraries, road-books and road-maps of France*, Southampton, W. Hobbs & Son, 1926.
- FORDHAM, H.G., *Roads on English and French maps at the end of the seventeenth century*, Southampton, W. Hobbs & Son, 1926.
- FOUCAULT, M., *Naissance de la clinique. Une archéologie du regard médical*, Paris, Presses universitaires de France, 1963.
- FOUCAULT, M., *Les mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1966.
- FOUCAULT, M., *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 1969.
- FOUCAULT, M., *L'ordre du discours*, Paris, Gallimard, 1971.
- FRANCASTEL, P., *Études de sociologie de l'art. Création picturale et société*, Paris, Denoël, 1970.
- FREEMAN, T.W., *A hundred year of geography*, Londres, Duckworth, 1965.
- FUNKHOUSER, H.G., « Historical development of the graphical representation of statistical data », dans *Osiris*, 3 (1), novembre 1937, p. 269-404.
- FUNKHOUSER, H.G., WALKER, H.M., « Playfair and his charts », dans *Economic History*, 3, 1935, p. 103-109.
- GILBERT, E.W., « Pionneer maps of health and disease in England », dans *The Geographical Journal*, 124 (1), juin 1958, p. 172-183.
- GILLE, B., *Les sources statistiques de l'histoire de France. Des enquêtes du XVIIe siècle à 1870*, Genève, Droz, 1980.
- GRMEK, M.D., « Géographie médicale et histoire des civilisations », dans *Annales : Économie, Sociétés, Civilisations*, 18 (6), novembre-décembre 1963, p. 1071-1097.
- GOUPE MU, *Traité du signe visuel. Pour une rhétorique de l'image*, Paris, Seuil, 1992.
- GULLEY, J.L.M., SINNHUBER, K.A., « Isokartographie, eine terminologische Studie », dans *Kartographische Nachrichten*, 11 (4), août 1961, p. 89-99.
- GUSDORF, G., *Les sciences humaines et la pensée occidentale*, Paris, Payot, 1966.
- GUTSELL, B.V., (éd.), « Cartographic commentary. Concepts in the history of cartography / Some responses, with the authors' reply, especially to questions of definition », dans *Cartographica*, 19 (1), 1982, p. 66-96.
- HALL, D. H., *History of earth sciences during the scientific and industrial revolutions*, Amsterdam, Elsevier, 1976.

- HARGREAVES, R.P., « The first use of the dot technique in cartography », dans *The Professional Geographer*, 13 (5), septembre 1961, p. 37-39.
- HARLEY, J.B., « Imago Mundi. The first fifty years and the next ten », dans *Cartographica*, 23 (3), 1986, p. 1-15.
- HARLEY, J.B., « The Map and the Development of the History of Cartography », dans Harley, J.B., Woodward, D., (eds). *The History of Cartography*, t. I, *Cartography in Prehistoric, Ancient and Medieval Europe and the Mediterranean*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press, 1987, p. 1-42.
- HARLEY, J.B., « L'histoire de la cartographie comme discours », dans *Préfaces*, 5, décembre 1987-janvier 1988, p. 70-71.
- HARLEY, J.B., « Deconstructing the map », *Cartographica*, 26 (2), 1989, p. 1-20.
- HARMS, H., *Themen alter Karten*, Oldenburg, Ernst Völker, 1979.
- HECHT, J., « L'idée de dénombrement jusqu'à la Révolution », dans *Pour une histoire de la statistique*, tome I, Paris, Economica/INSEE, 2e éd., 1987, p. 21-81.
- HENSCHEN, F., *The history and geography of diseases*, New York, Delacorte Press, 1966.
- HENSCHEN, F., « Grundzüge einer historischen und geographischen Pathologie », dans Doerr, W., (ed.), *Spezielle pathologische Anatomie ; ein Lehr- und Nachschlagewerk*, Berlin, Springer, 1966, p. 1-378.
- *Historisk Statistik för Sverige*, T. 1, *Befolkning, 1720-1950*, Stockholm, Statistiska Centralbyran, 1955.
- HORN, W., « Die Geschichte der Isarithmenkarten », dans *Petermann Geographische Mitteilungen*, 103 (3), 1959, p. 225-232.
- HUARD, P., « Quelques aspects de Paul Broca (1824-1880) », dans *Clio Medica*, 1, 1966, p. 289-301.
- HUARD, P., « Les papiers de Malgaigne », dans *Comptes rendus du 90e congrès national des sociétés savantes, Nice, 1965 ; Section des sciences*, T. 3, *Histoire des sciences*, Paris, Gauthier-Villars/Bibliothèque nationale, 1966, p. 181-190.
- IMHOF, E., *Thematische Kartographie*, Berlin/New York, W. de Gruyter, 1972.
- JACOB, C., THÉRY, H., (dir.), « La cartographie et ses méthodes », dans *Préfaces*, 5, décembre 1987-janvier 1988, p. 66-114.
- JACOB, C., *L'Empire des cartes. Approche théorique de la cartographie à travers l'histoire*, Paris, Albin Michel, 1992.
- JARCHO, S., « The contribution of Heinrich and Hermann Berghaus to medical cartography », dans *Journal of the History of Medicine and allied Sciences*, 24, octobre 1969, p. 412-415.
- JARCHO, S., « Yellow fever, cholera, and the beginning of medical cartography », dans *Journal of the History of Medicine and allied Sciences*, 25, avril 1970, p. 131-142.
- JARCHO, S., « Some early demographic maps », dans *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 49, septembre 1973, p. 837-844.
- JARCHO, S., « An early medicostatistical map (Malgaigne, 1840) », dans *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 50, janvier 1974, p. 96-99.
- JERVIS, W.W., *The world in maps. A study in map evolution*, New York, Oxford University Press, 1938.
- JOLY, F., « Problèmes de standardisation en cartographie thématique », dans *International Yearbook of Cartography*, 11, 1971, p. 116-119.
- JOLY, F., « Place de la cartographie dans le travail géographique », dans *La pensée géographique française contemporaine*, Mélanges offerts à André Meynier, Saint-Brieuc, Presses universitaires de Bretagne, 1972, p. 143-154.
- JOLY, F., *La cartographie*, Paris, Presses universitaires de France, coll. Magellan, 1976.
- JUSATZ, H.J., « Zur Entwicklungsgeschichte der medizinisch-geographischen Karten in Deutschland », dans *Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme*, 15 (1), 1939, p. 11-22.
- JUSATZ, H. J., « Medical mapping as a contribution to human ecology » dans *Bulletin, Geography and Map Division, Special Libraries Association*, 78, 1969, p. 19-23.

- KANT, E., « Über die ersten absoluten Punktkarten der Bevölkerungsverteilung. Bemerkungen zur Geschichte der thematischen Kartographie », dans *Lund Studies in Geography*, série B, *Human Geography*, 36, 1970, p. 1-12.
- KISH, G., « Early thematic mapping : the work of Philippe Buache », dans *Imago Mundi*, 28, 1976, p. 129-136.
- KISH, G., *La carte, image des civilisations*, Paris, Seuil, 1980.
- KONVITZ, J., « Remplir la carte », dans *Cartes et figures de la terre*, Catalogue de l'exposition du centre G. Pompidou, Paris, L'édition artistique, 1980, p. 304-315.
- KONVITZ, J., « La cartographie et les travaux publics (1820-1870) », dans *Annales des Ponts et Chaussées*, nouv. série, 19, 3e trimestre 1981, p. 96-103.
- KONVITZ, J., *Cartography in France, 1660-1848. Science, Engineering, and Statecraft*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press, 1987.
- KUPCIC, J., *Cartes géographiques anciennes*, Paris, Gründ, 1981.
- LAZARSFELD, P., « Notes on the History of Quantification in Sociology : Trends, Sources, Problems », dans Woolf, H., (dir.), *Quantification*, Indianapolis/New York, 1961, p. 174-204.
- LAZARSFELD, P., *Philosophie des sciences sociales*, Paris, Gallimard, 1970.
- LE BRAS, H., « La statistique générale de la France », dans Nora, P. (dir.), *Les lieux de mémoire*, t. 2, *La nation*, vol. 2, Paris, Gallimard, 1986, p. 317-353.
- LÉCUYER, B.-P., « Médecins et observateurs sociaux : les Annales d'Hygiène Publique et de Médecine Légale (1820-1850) », dans *Pour une histoire de la statistique*, t. I, Paris, Economica/INSEE, 2e éd., 1987, p. 445-476.
- LÉONARD, J., *La médecine entre les savoirs et les pouvoirs. Histoire intellectuelle et politique de la médecine française au XIXe siècle*, Paris, Aubier-Montaigne, 1981.
- LE ROY LADURIE, E., « Un théoricien du développement : Adolphe d'Angeville », dans *Le territoire de l'historien*, Paris, Gallimard, 1973, p. 349-392.
- LIBAULT, A., *Histoire de la cartographie*, Paris, Chaix, 1960.
- LIBAULT, A., *La cartographie*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je ? », 1972.
- MAC CLEARY, G.F., *The dasymetric method in thematic cartography*, Ph. D. dissertation, Madison, University of Wisconsin, 1969.
- MAC EACHREN, A.M., « The evolution of thematic cartography. A research methodology and historical review », dans *The Canadian Cartographer*, 16 (1), juin 1979, p. 17-33.
- MEINE, K.H., *Kartengeschichte und Kartenbearbeitung*, Bad-Godesberg, Kirschbaum, 1968.
- MELVYN-HOWE, G., « The mapping of disease in history », dans Clarke, E., *Modern methods in the history of medicine*, Londres, Athlone Press, 1971, p. 335-357.
- METZ, C., « Au-delà de l'analogie, l'image », dans *Communications*, 15, 1970, p. 1-10.
- MEYER, J., « L'enquête de l'Académie de médecine sur les épidémies. 1774-1794 », dans *Annales : économies, sociétés, civilisations*, 21 (4), juillet-août 1966, p. 729-749.
- MEYNIER, A., *Histoire de la pensée géographique en France (1872-1969)*, Paris, Presses universitaires de France, 1969.
- MICHEL, J., « Le patrimoine documentaire de l'École nationale des Ponts et Chaussées », dans *Annales des Ponts et Chaussées*, nouv. série, 18, 2e trimestre 1981, p. 25-31.
- MONKHOUSE, F.J., WILKINSON, H.R., *Maps and diagrams. Their compilation and construction*, 3e éd., Londres, Methuen, 1971.
- NARDY, J.P., « Levasseur, géographe », dans Claval, P., Nardy, J.P., *Pour le cinquantenaire de la mort de Paul Vidal de la Blache* ; Cahiers de Géographie de Besançon, 16, Paris, Les Belles Lettres, 1968, p. 35-89.
- NORDMAN, D., « Géographie, statistique et politique. Quelques remarques pour une étude comparée : Rome et la France moderne », dans *Bulletin du Comité français de cartographie*, 3, 1989, p. 47-50.

- OZOUF, J., « Les statistiques de l'enseignement primaire au XIXe siècle », dans *Pour une histoire de la statistique*, t. I, Paris, Economica/INSEE, 2e éd., 1987, p. 139-154.
- PALSKY, G., « La naissance de la démocartographie. Analyse historique et semiologique », dans *Espace, populations, sociétés*, 2, 1984, p. 25-34.
- PALSKY, G., « Des représentations topographiques aux représentations thématiques. Recherches historiques sur la communication cartographique », dans *Bulletin de l'Association des géographes français*, 506, 1984, p. 389-398.
- PALSKY, G., « La naissance et la diffusion d'une méthode de cartographie quantitative : la carte teintée du baron C. Dupin », dans *Bulletin du Comité français de cartographie*, 125, septembre 1990, p. 5-11.
- PALSKY, G., « La cartographie statistique de la population au XIXe siècle », dans *Espace, populations, sociétés*, 3, 1991, p. 451-458.
- PASTOUREAU, M., *Les Sanson : cent ans de cartographie française (1630-1730)*, Thèse de doctorat, dactyl., Paris, 1981.
- PASTOUREAU, M., « La France divulguée, évolution de la cartographie gravée du XVIe au XVIIIe siècle », dans *Espace français. Vision et aménagement, XVe-XIXe siècle*, Catalogue de l'exposition des Archives nationales, Paris, Archives nationales, 1987, p. 59-63.
- PEARSON, K.S., « The nineteenth century colour revolution : maps in geographical journals », dans *Imago Mundi*, 32, 1980, p. 9-20.
- PERROT, J.C., *L'âge d'or de la statistique régionale française (an IV-1804)*, Clavreuil, Société d'études robespierristes, 1977.
- PERROT, J.C., « La statistique régionale à l'époque de Napoléon », dans *Pour une histoire de la statistique*, t. I, Paris, Economica/INSEE, 2e éd., 1987, p. 233-253.
- PERROT, M., « Premières mesures des faits sociaux : les débuts de la statistique criminelle en France 1780-1830 », dans *Pour une histoire de la statistique*, t. I, Paris, Economica/INSEE, 2e éd., 1987, p. 125-137.
- PETCHENIK, B.B., « From Place to Space : the psychological Achievement of Thematic Mapping », dans *The American Cartographer*, 6 (1), avril 1979, p. 5-12.
- PETER, J.P., « Malades et maladies à la fin du XVIIIe siècle », dans *Annales : économies, sociétés, civilisations*, 22 (4), juillet-août 1967, p. 711-751.
- PILLEWIZER, W., « Ein system der thematischen Karten », dans *Petermann's Geographische Mitteilungen*, 108, 1964, p. 231-238 et 309-317.
- PINCHEMEL, P., « Géographie et cartographie, réflexions historiques et épistémologiques », dans *Bulletin de l'Association des géographes français*, 463, 1979, p. 239-247.
- PINCHEMEL, P., « Des cartes : histoires et propriétés », dans Groupe Dupont, *Géopoint 86, La carte pour qui ? La carte pour quoi ?*, Avignon, 1988, p. 5-11.
- PORTER, T., *The Rise of Statistical Thinking*, 1820-1900, Princeton, University Press, 1986.
- RAISZ, E., *General Cartography*, New York/Toronto/Londres, Mac-Graw-Hill, 1948.
- REVERDY, G., *Atlas historique des routes de France*, Paris, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 1986.
- RICHARDSON, P.L., « Benjamin Franklin and Timothy Folger's First Printed Chart of the Gulf Stream », dans *Science*, 207, 8 février 1980, p. 643-645.
- RIMBERT, S., *Cartes et graphiques*, Paris, SEDES, 1964.
- RIMBERT, S., *Leçons de cartographie thématique*, Paris, SEDES, 1968.
- RISTOW, W.W., « Lithography and maps. 1796-1850 », dans Woodward, D., (éd.), *Five centuries of map printing*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1975, p. 77-112.
- ROBINSON, A.H., « The 1837 maps of Henry Drury Harness », dans *The Geographical Journal*, 121 (4), décembre 1955, p. 440-450.
- ROBINSON, A.H., « The cartographic representation of the statistical

surface », dans *International Yearbook of Cartography*, 1, 1961, p. 53-63.
- ROBINSON, A.H., « The thematic maps of Charles Joseph Minard », dans *Imago Mundi*, 21, 1967, p. 95-108.
- ROBINSON, A.H., « The genealogy of the isopleth », dans *The Cartographic Journal*, 8 (1), juin 1971, p. 49-53.
- ROBINSON, A.H., « Mapmaking and map-printing : the evolution of a working relationship », dans Woodward, D., (éd.), *Five centuries of map printing*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1975, p. 1-23.
- ROBINSON, A.H., *Early thematic mapping in the history of Cartography*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1982.
- ROBINSON, A.H., « A classification of maps for the history of cartography », dans *Communication présentée au 11ᵉ congrès international sur l'histoire de la cartographie*, Ottawa, 1985.
- ROBINSON, A.H., CASTNER, H.W., « Dot area symbols in cartography », dans *American Congress on surveying and mapping*, Washington, 1969.
- ROBINSON, A.H., HSU, M.L., *The fidelity of isopleth maps*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1970.
- ROBINSON, A.H., PETCHENIK, B.B., « The map as a Communication System », dans *The Cartographic Journal*, 12 (1), 1975, p. 7-15.
- ROBINSON, A.H., PETCHENIK, B.B., *The nature of maps : essays toward an understanding of maps and mapping*, Chicago, University of Chicago Press, 1976.
- ROBINSON, A.H., SALE, R.D., MORRISON, J.L., *Elements of cartography*, New York, Wiley & sons, 1978.
- ROBINSON, A.H., WALLIS, H.M., « Humboldt's map of isothermal lines : a milestone in thematic cartography », dans *The Cartographic Journal*, 4 (2), décembre 1967, p. 119-123.
- ROBINSON, W.S., « Ecological correlations and Behaviour of Individuals », dans *American Sociological Review*, 15 (3), 1950, p. 351-357.
- SALICHTCHEV, K., *Einführung in die Kartographie*, Leipzig, H. Haack, 1967.
- SIGERIST, H.E., « Problems of historical-geographical pathology », dans *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, 1, 1933, p. 10-18.
- SKELTON, R.A., « Cartography », dans Singer, C., (éd.), *A history of technology*, New York/Londres, Oxford University Press, 1958, T. 4, p. 596-628.
- SKELTON, R.A., « Colour in map making », dans *The Geographical Magazine*, 32, avril 1960, p. 554-563.
- SKELTON, R.A., *Maps, a historical survey of their study and collecting*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1972.
- SMITH, D., « The social maps of Henry Mayhew », dans *The Map Collector*, 30, mars 1985, p. 2-7.
- SOURNIA, J.-C., *Histoire et Médecine*, Paris, Fayard, 1982.
- STAMS, W., « Die Kartographie in dem ersten 30 Jahrgängen von Petermanns Geographische Mitteilungen », dans *Petermann Geographische Mitteilungen*, 122 (3), 1978, p. 185-202, et 122 (4), 1978, p. 271-282.
- STEVENSON, L.G., « Putting disease on the map. The early use of spot maps in the study of yellow fever », dans *Journal of the History of Medicine and allied Sciences*, 20, juillet 1965, p. 226-261.
- THROWER, N.J., « Edmond Halley as a thematic geo-cartographer », dans *Annals of the Association of American Geographers*, 59 (4), décembre 1969, p. 652-676.
- THROWER, N.J., *Maps and man. An examination of cartography in relation to culture and civilization*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1972.
- TOOLEY, R.V., BRICKER, C., *Landmarks of mapmaking*, Oxford, Phaidon, 1976.
- TUFTE, E.R., *The Visual Display of Quantitative Information*, Cheshire, Conn., Graphics Press, 1982.
- VORSEY, L. de, « Pioneer charting of the Gulf Stream : the contribution of Benjamin Franklin and William Gerard De Brahm », dans *Imago Mundi*, 28, 1976, p. 105-120.
- WALLIS, H.M., « Maps as a medium of scientific communication », dans Babicz, j., (éd.) *Études d'histoire de la*

géographie et de la cartographie, Wroclaw/Varsovie/Cracovie/Gdansk, 1973, p. 251-262.
- WALLIS, H.M., *Map-making to 1900. An historical glossary of cartographic innovations and their diffusion*, Étude préliminaire présentée à l'occasion de la 8e conférence internationale de cartographie, Moscou, 3-10 août 1976, Londres, The Royal Society, 1976.
- WALLIS, H.M., « The history of Land-Use mapping », dans *The Cartographic Journal*, 18, juin 1981, p. 45-48.
- WALLIS, H.M., « 19 de-eeuwse thematische kartografie », dans *Caert-Thresoor*, 8 (2), 1989, p. 46-52.
- WALLIS, H., ROBINSON, A.H., *Cartographical Innovations. An International Handbook of Mapping Terms to 1900*, Saint-Albans, Hertfordshire, Campfield Press/Map Collector Publications, 1987.
- WESTERGAARD, H., *Contribution to the history of statistics*, réimpression (1re éd., Londres P.S. King and son, 1932), Paris/La Haye, Mouton, Wakefield, S.R. Publisher, 1972.
- WITT, W., *Thematische Kartographie, Methoden und Problemen, Tendenzen und Aufgaben*, Hanovre, Gebrüder Jänecke, 1967.
- WOLKENHAUER, W., « Aus der Geschichte der Kartographie », réimpression (1re éd., *Deutsche Geographische Blätter*, 37-38, 1917), dans *Acta Cartographica*, 18, 1974, p. 432-504.
- WOODWARD, D., « The Study of the History of Cartography : a suggested Framework », dans *The American Cartographer*, 1 (2), 1974, p. 101-115.
- WOODWARD, D., (éd.), *Five centuries of map printing*, Chicago/Londres, University of Chicago Press, 1975.
- WOOLF, S., « Contribution à l'histoire des origines de la statistique : France, 1789-1815 », dans École des hautes études en sciences sociales, *La statistique en France à l'époque napoléonnienne*, Paris, Touzot, 1981, p. 45-126.

Index des noms de personne

Ackerknecht, *86, 190, 191.*
Acland, *82.*
Alinhac, *13.*
Allaire, *184, 185, 188.*
Andréossi, *248.*
Andrew, *36.*
Angeville (d'), *67, 69, 73, 74, 76, 77, 81, 98, 102, 112, 179.*
Anthoine, *213, 264.*
Anville (d'), *18.*
Arbellot, *22, 25.*
Arnberger, *11.*
Astruc, *44.*
Auerbach, *224, 225, 229, 231, 233, 234, 236, 238, 242.*
Bacler d'Albe, *17.*
Baker, *82, 90.*
Balbi, *64, 67, 71, 206.*
Bally, *84.*
Balogun, *194.*
Beaurain (de), *43.*
Bédarida, *53, 55.*
Behm, *224, 243.*
Bellin, *44, 45.*
Belpaire, *118, 121, 122, 133, 262.*
Benoiston de Châteauneuf, *70, 93.*
Berdoulay, *207, 217.*
Berey, *22.*
Bergeron, *178, 182.*
Berghaus, *70, 107, 179, 187, 204.*
Bernard, *22, 92.*
Berthaud, *7.*
Berthier, *17.*
Bertillon (J.), *141, 164, 165, 169, 170, 257, 258, 259, 264, 268, 269, 273, 276, 277, 278.*
Bertillon (L.A.), *141, 169, 173, 174, 175, 176, 177, 189, 196, 209, 211, 214, 254, 261, 262, 263, 264, 272, 275.*
Bertin, *14, 23, 45, 52, 65, 80, 111, 116, 124, 130, 153, 157, 184, 200, 248, 255, 261, 275, 279.*
Bertrand, *82, 185, 189.*
Bienaymé, *70.*
Bigot de Morogues, *66, 71.*
Blakemore, *12, 13.*
Blanchard, *242.*
Bliss, *204.*
Block, *135, 140, 172, 228, 229, 250, 253, 254, 255, 264, 269, 272, 274, 275, 276, 277, 279.*
Bollain, *109, 110, 111, 112, 123, 125, 126, 226.*
Bonaparte (L.), *49.*
Bonnange, *167, 177, 178.*
Bordier, *184, 185.*
Borges, *10, 248.*
Borri, *40.*
Bortkiewicz (von), *269.*
Boud, *36.*
Boudon, *69.*
Boudin, *179, 180, 181, 182, 185, 186, 187, 189, 190, 209, 214.*
Boulay de la Meurthe, *84, 85.*
Bouguer, *43, 44.*
Boyer du Parc, *25.*
Brierre de Boismont, *87.*
Broc, *18, 49, 205, 207, 216.*
Broca, *179, 181, 182, 186, 187, 189, 190, 211, 214.*
Bruinss, *107.*
Brunhes, *8, 207, 208, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 226, 229, 233, 234, 241, 242, 244, 245.*
Buache, *34, 35, 36, 44, 107.*
Buch (von), *34.*
Buffon (de), *44.*
Buschick, *242.*
Caron, *14, 27, 38, 69, 73.*
Cartwright, *82.*
Cassini, *8, 12, 19, 27, 28, 38.*
Cassini de Thury, *18, 19.*
Castner, *15, 112.*
Cauvin, *272.*
Chabrol, *60.*
Chantriot, *238.*
Chaptal, *49.*
Chartier, *64, 66, 67, 69, 71.*
Chassagne, *183.*
Chervin (A.), *90, 164, 173, 182, 183.*
Chervin (N.), *90, 91.*
Chesnais, *69.*
Chevallier, *93, 135.*
Chevallier (V.), *113.*
Cheysson, *140, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 149, 151, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 167, 169, 171, 192, 196, 201, 206, 211, 215, 249, 250, 253, 254, 255, 262, 263, 264, 268, 269, 273, 275, 277, 278, 279.*
Cholley, *238.*
Christaller, *103.*
Claval, *34, 212, 213.*
Clouet, *48, 49.*
Clutton, *11, 34.*
Collignon, *183, 184, 187, 215.*
Comoy, *135.*
Comte, *92.*
Coquebert-Montbret, *78.*
Coquelin, *53.*
Cortambert, *205, 206.*
Coumes, *135.*
Cournot, *218.*
Creutzburg, *11.*
Crome, *62, 64.*
Crone, *33, 62.*
Cuénin, *11, 129.*
Dainville (de), *12, 17, 19, 34, 37, 39, 40, 44, 46, 49, 50, 52, 62, 112, 135, 247, 282, 284.*
Dangeau (de), *28, 31, 209.*
Davaine, *109.*
Davion, *84.*
Delisle, *18, 44, 49.*
Demangeon, *242, 243.*
Desaive, *86.*
Descartes, *31.*
Dezauche, *44.*
Drapeyron, *216.*
Drummond, *111.*
Du Bus, *164, 166, 171, 203, 238.*
Duby, *73.*
Du Carla, *19, 106, 107.*
Duchemin, *46, 47, 52, 285.*
Dufau, *249.*

Dupain-Triel, *25, 26, 27, 30, 34.*
Duperrey, *107.*
Dupin, *8, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 76, 77, 78, 80, 81, 83, 92, 93, 97, 98, 110, 111, 112, 126, 128, 135, 140, 146, 159, 163, 164, 165, 171, 173, 175, 177, 181, 194, 212, 248, 251, 253, 262, 270, 282.*
Durand-Claye, *197, 198.*
Duruy, *207.*
Duval, *22.*
Eckermann, *67.*
Eckert, *62.*
Eco, *38, 58, 247, 278, 283, 285.*
Engel, *252, 266, 267, 268.*
Engelmann, *62.*
Evans, *272.*
Expilly, *49.*
Fabre, *190.*
Fallati, *62.*
Felice (de), *238.*
Fer (A. de), *22.*
Fer (N. de), *28.*
Ficker, *172, 266, 271, 272, 273, 274.*
Fierro-Domenech, *27.*
Fletcher, *67.*
Folger, *44.*
Foncin, *33, 37, 47.*
Fontaine, *268, 269, 277.*
Fontaines, *84.*
Fontenelle, *18.*
Fordham, *119.*
Foucault, *46, 86, 112.*
Fourcroy (de), *51, 52, 57, 62.*
Foville (de), *141, 168, 268, 269.*
Francastel, *98, 99, 247, 284.*
François (A.), *84.*
François (J.), *28, 39, 40.*
Frank, *190.*
Franklin, *44.*
Frère de Montizon, *77, 78, 79, 80, 81, 125, 130, 193, 212, 261, 282.*
Fritzsche, *232.*
Funkhouser, *12, 53, 60, 138, 139, 141, 171, 174, 251, 252, 264, 265, 266, 267, 277.*
Galbraith, *13.*
Galien, *86.*
Gallois, *219, 236, 240, 241, 244.*
Gilbert, *82, 85, 89.*
Gille, *49, 59, 60, 139, 162, 166.*
Girard, *84.*
Gloy, *242, 243.*
Goethe, *67.*
Goubert, *86.*
Grenier, *44.*
Grmek, *86.*
Groffier, *241.*
Guerry, *66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 77, 80, 96, 98, 168, 188, 206, 212.*
Guerry de Champneuf, *69.*
Guettard, *34, 37.*
Guillard, *173.*
Guillaumin, *53.*
Gusdorf, *13.*
Haeckel, *189.*
Hallam, *66.*
Halley, *14, 16, 40, 41, 42, 43, 44, 107.*
Halma-Grand, *90, 91.*
Happel, *40.*
Hargreaves, *80.*
Harley, *12, 13, 65, 281.*
Harness, *16, 65, 66, 111, 112, 119, 123, 226.*
Hecht, *59.*
Hellis, *91, 92.*
Herold, *169.*
Hesseln (de), *37.*
Heuzé, *166, 209.*
Hippocrate, *86.*
Hirsch, *87.*
Horn, *107.*
Hugo, *177.*
Humboldt (von), *16, 42, 56, 57, 58, 60, 62, 70, 107, 108, 117, 185, 206, 207, 254.*
Hunfalvy, *228, 267.*
Imhof, *11, 15.*
Jacob, *39.*
Jacotin, *17.*
Jaillot (A.H.), *18, 22, 23, 25.*
Jaillot (B.), *22.*
Janssens, *266.*
Jarcho, *85, 86, 92, 98.*
Joanne, *215.*
Jobard, *65.*
Johnston, *179, 204.*
Joly, *11, 14, 264.*
Jomard, *203, 204.*
Jusatz, *83.*
Kaemtz, *104, 107, 255.*
Kaesemacher, *232.*
Kant, *77, 80, 81.*
Kiepert, *187.*
Kircher, *40.*
Konvitz, *7, 13, 14, 19, 20, 24, 58, 62, 77, 83, 114, 119.*
Koren, *59.*
Lacordaire, *102, 131.*
Lagneau, *182, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 214.*
Lalanne, *102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 145, 164, 165, 171, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 199, 201, 206, 212, 226, 255, 256, 263, 282.*
La Motte, *49.*
Langlois, *28.*
Larousse, *86.*
La Serre, *137, 143.*
Le Bras, *59, 60.*
Lécuyer, *16.*
Lederlin, *241.*
Lee, *53.*
Legrom, *131.*
Léon, *137.*
Léonard, *189.*
Le Play, *142, 198.*
Le Rouge, *44.*
Le Roy Ladurie, *74, 76, 86.*
Leuret, *93, 94.*
Levainville, *238, 242.*
Levant, *44.*
Levasseur, *50, 140, 164, 169, 172, 174, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 228, 249, 252, 253, 254, 263, 265, 266, 267, 268, 269, 274, 275, 277.*
Lombard, *88, 185.*
Lomonossov, *112.*
Loua, *164, 169, 173, 177, 271, 272, 276.*
Louis, *82, 90, 91, 92.*
Louis XIV, *18.*
Louis XV, *19, 24, 52.*
Louis XVI, *28.*
Louis XVIII, *62.*
Lubin, *19, 20, 32, 39, 40, 247.*
Lueder, *62.*
Lunier, *183, 184.*
Magitot, *182, 186, 187.*
Maillebiau, *137.*
Malarce (de), *172, 173.*
Malgaigne, *92, 96, 97, 98, 139, 171, 173, 179.*
Malte-Brun, *64, 66, 68, 71, 206.*
Manier, *172, 173, 177, 185, 276, 277.*
March, *279.*
Marey, *135, 178, 179, 182, 264.*
Margerie (de), *205, 215.*
Marinelli, *229.*
Martinel, *248.*
Martonne (de), *195, 203, 208, 212, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 229, 230, 231, 232, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 245.*
Masse, *33.*
Maurette, *219, 221, 224.*
Mayhew, *67.*
Mayr (von), *227, 228, 229, 239, 240, 241, 252, 253, 254, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 267, 271, 272, 273, 274.*
Ménard, *218.*
Mentzer (von), *80.*
Messance, *49.*

Meuriot, *219.*
Meyer, *86.*
Meynier, *205.*
Michel, *101.*
Millot, *93.*
Milne, *33.*
Minard, *8, 9, 15, 87, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 149, 151, 161, 196, 197, 209, 213, 214, 226, 253, 262, 285.*
Moheau, *49.*
Moléon (de), *87.*
Monnet, *34.*
Moreau de Jonnès, *60, 87, 88, 89, 162.*
Morlet, *106.*
Napoléon III, *9, 135.*
Nardy, *207, 208.*
Necker, *49.*
Neuchâteau (de), *49.*
Neukirch, *222.*
Neumann, *232, 233, 234.*
Noin, *235.*
Nordman, *281.*
Obreen, *265, 270, 277.*
Ormerod, *82.*
Orry, *49.*
Ozouf, *63.*
Packe, *36.*
Parandier, *131.*
Parent-Duchâtelet, *93, 94, 95, 96, 98, 139.*
Pariset, *82, 84, 178.*
Pascal, *79.*
Pascalis-Ouvière, *82, 89.*
Pastoureau, *20, 25, 27.*
Paulmy (de), *24.*
Pearson, *55.*
Perelle, *47.*
Périgot, *209.*
Perron, *213.*
Perrot (J.-C.), *60, 61.*
Perrot (M.), *15, 69, 168.*
Perry, *82.*
Perthes, *172.*
Petchenik, *14, 33, 34.*
Peter, *86.*
Petermann, *82, 99, 112, 172.*
Peuchet, *60, 61, 77, 249.*
Pilastre, *98.*
Pinchemel, *12, 19.*
Playfair, *7, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 66, 70, 81, 108, 111, 117, 138, 171, 282.*
Portalis (de), *67.*
Porter, *139.*
Prétôt, *42, 43.*
Pritchard, *190.*
Prudent, *213.*
Quételet, *67, 68, 74, 139, 158, 167, 251, 252, 272.*
Ratzel, *189, 205, 207, 215, 217, 218, 219, 220, 222, 229, 236, 241, 242, 243, 244.*
Ravenau, *205, 215.*
Ravn, *107, 191, 194, 212, 225.*
Rayer, *84.*
Reclus, *135, 187, 213, 214, 215, 222.*
Rémond, *177.*
Renard, *42, 43.*
Renaud, *271.*
Renezov, *112.*
Reymond, *272.*
Reynard, *137.*
Richardson, *44.*
Rigodit, *88.*
Ristow, *65.*
Ritter, *62, 204, 205, 207.*
Robert (C.), *28.*
Robert (É.), *230, 231, 239.*
Robinson (A.H.), *12, 14, 34, 36, 37, 40, 62, 65, 67, 77, 78, 82, 89, 107, 108, 111, 112, 114, 128, 135, 138, 281.*
Robinson (W.), *69.*
Rothenburg, *83.*
Rouher, *135.*
Salmon, *22, 84.*
Sanson (G.), *22, 39.*
Sanson (N.), *12, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 38.*
Sanson (N.A.), *248.*
Say, *71, 132, 134, 218.*
Schnurrer, *179.*
Schouw, *34.*
Schrader, *204, 213.*
Schwabe, *266, 267, 269.*
Seaman, *82, 89.*
Séguier, *25.*
Senefelder, *64.*
Serradj, *272.*
Shapter, *82.*
Sick, *270.*
Sistach, *182, 183, 185, 186, 187.*
Smith, *67, 71.*
Snow, *82, 83, 89.*
Somerhausen, *67.*
Sorre, *191, 229, 238, 239, 240, 241, 243.*
Sournia, *92.*
Sprecher von Bernegg, *234, 235.*
Stams, *204.*
Stevenson, *82, 84, 89.*
Streffleur, *270, 277.*
Sydow (von), *107.*
Tavernier, *20, 22.*
Terray, *49.*
Thévet, *39.*
Thiers, *60.*
Thrower, *12, 14, 40.*
Topinard, *183, 186, 187.*
Trébuchet, *93.*
Trousseau, *90, 91.*
Tudesq, *73.*
Turquan, *142, 164, 165, 166, 168, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 210, 211, 212, 215, 216, 221, 224, 226, 236, 264.*
Varénius, *43.*
Vaugondy (de), *34, 247.*
Vauthier, *8, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 226, 249, 250, 254, 255, 256, 257, 264, 268, 272, 274, 275, 276, 277, 279.*
Velpeau, *98.*
Vicq d'Azyr, *86.*
Vidal-Lablache (Vidal de la Blache), *202, 204, 205, 207, 208, 211, 213, 215, 216, 217, 221, 223, 224, 231, 232, 233, 235, 236, 240, 244, 245.*
Villeneuve (Villeneuve-Bargemont), *66, 67, 71, 73.*
Villermé, *70, 93, 190.*
Villot, *93, 168.*
Vinet, *70.*
Vorsey (de), *44.*
Vuillemin, *213.*
Wallis, *37, 38, 107, 193.*
Walras, *218.*
Westergaard, *59, 139.*
Wieber, *212, 213.*
Witt, *11.*
Woodward, *13.*
Woolf, *59.*

Table des illustrations

Illustration de couverture : « Mouvement quinquennal de la population par département depuis 1801 jusqu'en 1881 », *Album de statistique graphique*, 1881, planche 21.

Fig. 1 N. Sanson, *Carte géographicque des postes qui traversent la France*, 1632. *Page 21.*

Fig. 2 A.H. Jaillot, *La France divisée par Provinces où sont exactement remarquées toutes les Routes des Postes du Royaume*, 1701. *Page 23.*

Fig. 3 N. Sanson, *Carte des rivières de la France curieusement recherchée*, 1641. *Page 24.*

Fig. 4 C. Dupain-Triel, *Carte générale des Fleuves, des Rivières et des Principaux Ruisseaux de la France*, 1781. *Page 26.*

Fig. 5 Anonyme, (*Carte des gabelles*), fin XVIII[e] siècle. *Page 29.*

Fig. 6 C. Dupain-Triel, *Carte Minéralogique de France*, 1784. *Page 30.*

Fig. 7 P. Buache, *Carte Minéralogique où l'on voit la Nature et la Situation des terreins qui traversent la France et l'Angleterre*, 1746. *Page 35.*

Fig. 8 Anonyme, (*Carte économique de la France*), détail. *Page 36.*

Fig. 9 E. Halley, *A New and Correct Chart shewing the Variations of the Compass in the Western and Southern Oceans*, 1701. *Page 41.*

Fig. 10 M. Bouguer, *Carte qui indique avec la direction des Vents généraux, les Variations qu'avoit la Boussole en 1700, et 1744, dans presque tous les lieux de la Mer*, 1753. *Page 42.*

Fig. 11 J.N. Bellin, *Carte des variations de la boussole et des vents généraux que l'on trouve dans les mers les plus fréquentées*, 1765. *Page 45.*

Fig. 12 N.L. Duchemin, *Tableau des Villes de France*, 1777. *Page 47.*

Fig. 13 Abbé Clouet, *La France commerçante*, 1767. *Page 48.*

Fig. 14 Anonyme, *Carte générale des Sévennes*, 1726, légende. (D'après F. de Dainville). *Page 49.*

Fig. 15 C. de Fourcroy, *Tableau poléométrique*, 1782. *Page 51.*

Fig. 16 W. Playfair, *Chart of Imports and Exports of England to and from all North America from the Year 1770 to 1782*, 1786. *Page 54.*
Fig. 17 W. Playfair, *Statistical Chart shewing the Extent the Population and Revenues of the Principal Nations of Europe in the Order of their Magnitude*, 1801. *Page 55.*
Fig. 18 C. Dupin, *Carte figurative de l'instruction populaire de la France*, 1826. *Page 63.*
Fig. 19 A.M. Guerry, *Statistique comparée de l'état de l'instruction et du nombre des crimes dans les divers Arrondissemens des Académies et des Cours Royales de France*, 1829. *Page 68.*
Fig. 20 Villeneuve-Bargemont, *Paupérisme en France*, 1834. *Page 72.*
Fig. 21 A. d'Angeville, *Statistique de la population française, 1re carte. Population. Habitans par myriamètres carrés en 1831*, 1836. *Page 75.*
Fig. 22 A. J. Frère de Montizon, *Carte philosophique figurant la population de la France*, 1830. *Page 78.*
Fig. 23 J. Snow, (*Carte des cas de choléra dans le quartier de Broad Street à Londres*), 1855. *Page 83.*
Fig. 24 A. Moreau de Jonnès, *Esquisse itinéraire du choléra morbus pestilentiel de l'Inde et de Syrie*, 1824. *Page 88.*
Fig. 25 Chervin, Louis, Trousseau, *Plan de Catalan Bay ou de la Caleta*, 1830. *Page 90.*
Fig. 26 C. Hellis, *Plan de la ville de Rouen*, 1833. *Page 91.*
Fig. 27 *Tableau d'assemblage des 48 Quartiers de la Ville de Paris, offrant en même tems le degré respectif d'intensité des ravages que le Choléra y a exercés*, 1834. *Page 94.*
Fig. 28 A. Parent-Duchâtelet, *Nombre de prostituées venues à Paris de chaque département de 1816 à 1831*, 1836. *Page 95.*
Fig. 29 A. Parent-Duchâtelet, *Distribution des prostituées dans chacun des 48 quartiers de la Ville de Paris*, 1836. *Page 95.*
Fig. 30 J.F. Malgaigne, *Carte de la France hernieuse*, 1840. *Page 97.*
Fig. 31 Théories de L. Lalanne sur la représentation graphique des lois à trois variables. *Page 105.*
Fig. 32 L. Lalanne, *Courbes d'égale température moyenne à Halle*, 1843. *Page 106.*
Fig. 33 Bollain, *Carte de la population des départements du Nord et du Pas-de-Calais (...)*, 1844. *Page 110.*
Fig. 34 C. Minard, *Tableau Figuratif de la Circulation des Voyageurs nationaux et internationaux sur le Chemin de Fer entre la Belgique et la Prusse en 1844*, 1844. *Page 115.*
Fig. 35 C. Minard, *Tableau Figuratif du mouvement commercial du Canal du Centre en 1844*, 1845. *Page 115.*
Fig. 36 C. Minard, *Carte de la circulation des voyageurs par Voitures Publiques sur les routes de la contrée où sera placé le chemin de fer de Dijon à Mulhouse*, 1845. *Page 117.*
Fig. 37 C. Minard, *Carte figurative de l'exportation de la houille anglaise en 1850*, 1854. *Page 120.*

Fig. 38 C. Minard, *Carte Figurative et Approximative du Mouvement des Voyageurs sur les principaux Chemins de Fer de l'Europe en 1862*, 1865. *Page 120.*

Fig. 39 La ligne de flux chez Belpaire et Minard. *Page 121.*

Fig. 40 C. Minard, *Carte figurative et approximative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies d'eau et de fer de l'Empire français pendant l'année 1857,* 1858. *Page 121.*

Fig. 41 C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de céréales qui ont circulé en 1853 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire Français*, 1855. *Page 124.*

Fig. 42 C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de céréales qui ont circulé en 1853 sur les voies d'eau et de fer de l'Empire Français*, détail, 1855. *Page 124.*

Fig. 43 C. Minard, *Carte Figurative et approximative de l'importance des Ports Maritimes de l'Empire Français mesurée par les tonnages effectifs des navires entrés et sortis en 1857*, 1859. *Page 125.*

Fig. 44 C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de viandes de boucherie envoyées sur pied par les départements et consommées à Paris*, 1858. *Page 126.*

Fig. 45 C. Minard, *Carte figurative et approximative des Populations spécifiques des provinces d'Espagne*, 1866. *Page 127.*

Fig. 46 C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et 1862, (1re carte, 1858)*, 1863. *Page 129.*

Fig. 47 C. Minard, *Carte figurative et approximative des quantités de coton en laine importées en Europe en 1858 et 1862, (2e carte, 1862)*, 1863. *Page 129.*

Fig. 48 C. Minard, *Mouvement des marchandises en Belgique sur les Chemins de fer en 1844 et sur les voies navigables en 1834 et en 1844*, 1847. *Page 133.*

Fig. 49 *Carte figurative des transports de minerai de fonte et de fer entre Besançon et Belfort, sur les routes de l'Ognon et du Doubs*, 1846. *Page 136.*

Fig. 50 La Serre, *Carte générale de l'Empire Français (...) indiquant les résultats du recensement fait du 30 novembre 1856 au 30 novembre 1857 sur les routes impériales et stratégiques*, extrait, 1859. *Page 137.*

Fig. 51 « Carte figurative du trafic rapporté à la population desservie sur le réseau de Paris à Orléans », *Album de statistique graphique*, 1883, planche 8. *Page 144.*

Fig. 52 « État général des principaux ports maritimes du globe », *Album de statistique graphique*, 1890-91, planche 14. *Page 147.*

Fig. 53 Différenciation d'un flux suivant le type de trafic (« Tonnage des voies navigables en 1882 », *Album de statistique graphique*, 1884, planche 10.) *Page 148.*

Fig. 54 Construction d'une ligne de flux sur un point de passage (« Mouvement des voyageurs dans les ports maritimes et les gares frontières de la France pendant les années 1888 et 1889 », *Album de statistique graphique*, 1889, planche 23.) *Page 149.*

Fig. 55 Diagrammes circulaires à composantes différentielles (« Carte figurative du mouvement des combustibles minéraux sur les voies ferrées et

navigables en 1881 », *Album de statistique graphique*, 1883, planche 22.) *Page 150.*
Fig. 56 Types de diagrammes à composantes multiples. *Page 152.*
Fig. 57 « Résultat d'exploitation des tramways de la France. Résultats comparatifs par départements en 1884 », *Album de statistique graphique*, 1885. *Page 152.*
Fig. 58 Diagrammes planétaires (« Carte figurative du développement des chemins de fer dans les principaux États de 1830 à 1878 », *Album de statistique graphique*, 1880, planche 16.) *Page 153.*
Fig. 59 Diagrammes planétaires (« Carte figurative de l'invasion phylloxérique, l'étendue des vignobles et la production des vins de 1856 à 1880 », *Album de statistique graphique*, 1881, planche 21.) *Page 154.*
Fig. 60 Diagrammes hélicoïdaux (« Mouvement quinquennal de la population par département depuis 1801 jusqu'en 1881 », *Album de statistique graphique*, 1884, planche 25.) *Page 155.*
Fig. 61 « Mouvement des principales marchandises en France par périodes quadriennales, I. Combustibles minéraux », *Album de statistique graphique*, 1895-96, planche 9. *Page 156.*
Fig. 62 Diagrammes types de l'*Album de statistique graphique*. *Page 157.*
Fig. 63 Anamorphose cartographique (« Accélération des voyages en France depuis 200 ans », *Album de statistique graphique*, 1888, planche 8.) *Page 158.*
Fig. 64 Anamorphose cartographique (« Baisse de prix des voyages en France depuis 1798 », *Album de statistique graphique*, 1888, planche 8.) *Page 159.*
Fig. 65 *Statistique sommaire des industries principales en 1873, carte n° 14, Le tissage mécanique*, 1874. *Page 160.*
Fig. 66 J.C.M. Boudin, *Carte de la distribution géographique du goître dans les 86 départements de la France*, 1857. *Page 180.*
Fig. 67 P. Broca, *Carte de la taille en Basse-Bretagne d'après les exemptions pour défaut de taille, dans les 126 cantons. Période 1850-1859*, 1869. *Page 182.*
Fig. 68 F. Sistach, *Carte de la distribution géographique des varicocèles dans les 86 Départements de la France*, 1863. *Page 183.*
Fig. 69 G. Lagneau, *Carte ethnographique de la France*, 1879. *Page 188.*
Fig. 70 L. Vauthier, *Carte statistique figurant la répartition de la population de Paris*, 1874. *Page 193.*
Fig. 71 Théorie des courbes isoplèthes. Le système des courbes compensatrices selon L. Vauthier. *Page 194.*
Fig. 72 V. Turquan, *Répartition géographique de la population en France ou densité figurée de la population*, extrait, 1886. *Page 199.*
Fig. 73 V. Turquan, *Émigration des Normands*, 1902. *Page 200.*
Fig. 74 É. Levasseur, *Densité de la population en France par arrondissement en 1886*, 1888. *Page 211.*
Fig. 75 É. Reclus, Figures comparatives de la densité de population en Belgique et en Grèce, 1869. *Page 213.*

Fig. 76 É. Reclus, *Mouvement commercial entre Saint-Petersbourg et Astrakhan*, 1880. *Page 214.*

Fig. 77 É. Robert, *Densité de la population en Bretagne calculée par zones d'égal éloignement de la mer*, 1904. *Page 230.*

Fig. 78 P. Vidal de la Blache, *Densité de population de l'Inde en 1872 (d'après les districts)*, 1906. *Page 232.*

Fig. 79 P. Vidal de la Blache, *Densité de population de l'Inde en 1901 (d'après les régions naturelles)*, 1906. *Page 233.*

Fig. 80 E. de Martonne, *Densité de la population en Valachie calculée par régions naturelles*, 1903. *Page 237.*

Fig. 81 M. Sorre, *Densité de population du Bas-Languedoc*, 1906. *Page 239.*

Fig. 82 A. Demangeon, *Carte de la répartition des agglomérations de plus de 500 habitants (Picardie et région voisines)*, 1905. *Page 243.*

Fig. 83 Table synoptique des méthodes graphiques présentée au Congrès international de statistique de Vienne, 1857. *Page 251.*

Fig. 84 J. Bertillon, *Fréquence des étrangers à Paris (1886)*, 1896. *Page 257.*

Fig. 85 J. Bertillon, *Les étrangers à Paris en 1891*, 1896. *Page 258.*

Fig. 86 Les types de diagrammes selon G. von Mayr (diagrammes par lignes et par surfaces.) *Page 259.*

Fig. 87 Les types de cartogrammes selon G. von Mayr. *Page 260.*

Fig. 88 Tableau récapitulatif des classifications relatives à la statistique graphique. *Page 263.*

Table des matières

PRÉFACE *7*

INTRODUCTION GÉNÉRALE *11*

CHAPITRE I

DES CARTES GÉNÉRALES AUX CARTES SPÉCIALES

La divergence des voies *17*
Les limites du modèle descriptif *17*
Les « cartes singulières » *20*
Les additions thématiques *32*
L'inertie du langage graphique *37*

Les cartes marines : une cartographie thématique des « places vides » . . *38*
La mer, support d'une expérimentation graphique *38*
Les cartes d'Edmond Halley *40*
Les cartes marines françaises *44*

Perception et expression de la quantité *46*
La quantité en deux dimensions *46*
La progression vers l'abstrait : les diagrammes statistiques *51*

CHAPITRE II

LES PREMIERS PROCÉDÉS DE CARTOGRAPHIE STATISTIQUE

La fortune du système Dupin *59*
Le débat sur la méthode graphique au début du XIX[e] siècle *59*
La France obscure et la France éclairée *61*
La cartographie morale et sociale. *67*

Frère de Montizon et la carte statistique par points *77*
Graphique et mysticisme *77*
Les faiblesses visuelles du procédé *80*

Vers la cartographie quantitative en médecine *81*
La médecine, la géographie et le Nombre *81*
Du théâtre des maladies à l'expression graphique des épidémies *83*
Les premiers exemples de cartographie statistique médicale *92*

CHAPITRE III

LA CARTOGRAPHIE DES INGÉNIEURS (1840-1870)

Le chemin de fer et la répartition de la population *101*
Un théoricien original : Léon Lalanne *102*
Bollain et la cartographie du peuplement *109*

La cartographie économique de Minard *112*
La carrière et l'œuvre de Minard.
Révolution industrielle et cartographie *113*
Les premiers exemples français d'une cartographie des flux *116*
Le système graphique de Minard *119*
La carte comme outil d'analyse *131*
« Une source féconde en applications » *134*

CHAPITRE IV

L'ÂGE DE L'ENTHOUSIASME (1860 - 1900)

Une cartographie statistique institutionnalisée *141*
L'*Album de Statistique Graphique* *141*
Les autres publications officielles *162*

Les œuvres privées *171*
Uniformité graphique, diversité thématique *171*
L'école de cartographie médicale et anthropologique *178*
L'isoplèthe redécouverte *191*

CHAPITRE V

LES GÉOGRAPHES ET LA CARTOGRAPHIE STATISTIQUE

Les courroies de transmission *205*
Émile Levasseur, géographe et statisticien *206*
L'œuvre graphique de Levasseur *208*
Les autres sources *212*

La statistique sous surveillance .216
Du « sens géographique » des statisticiens .216
Critique du Nombre .218
Les cartes statistiques : un « déguisement géographique » ? .221

Les procédés géographiques originaux .227
La méthode des aires naturelles .227
Vers une cartographie régionale .233
L'autre voie .241

CHAPITRE VI

LES PRÉMICES DE LA SÉMIOLOGIE GRAPHIQUE

Dans l'attente d'une grammaire et d'un Vaugelas .247
Image et langage .247
Nommer et classer .250
Principes taxinomiques .254

La standardisation .265
Un objectif contesté .265
La question des paliers de valeur : le sur-mesure ou la confection ? .269
La formation des échelles de teintes .274
Le bilan théorique .276

CONCLUSION GÉNÉRALE .281

BIBLIOGRAPHIE .287

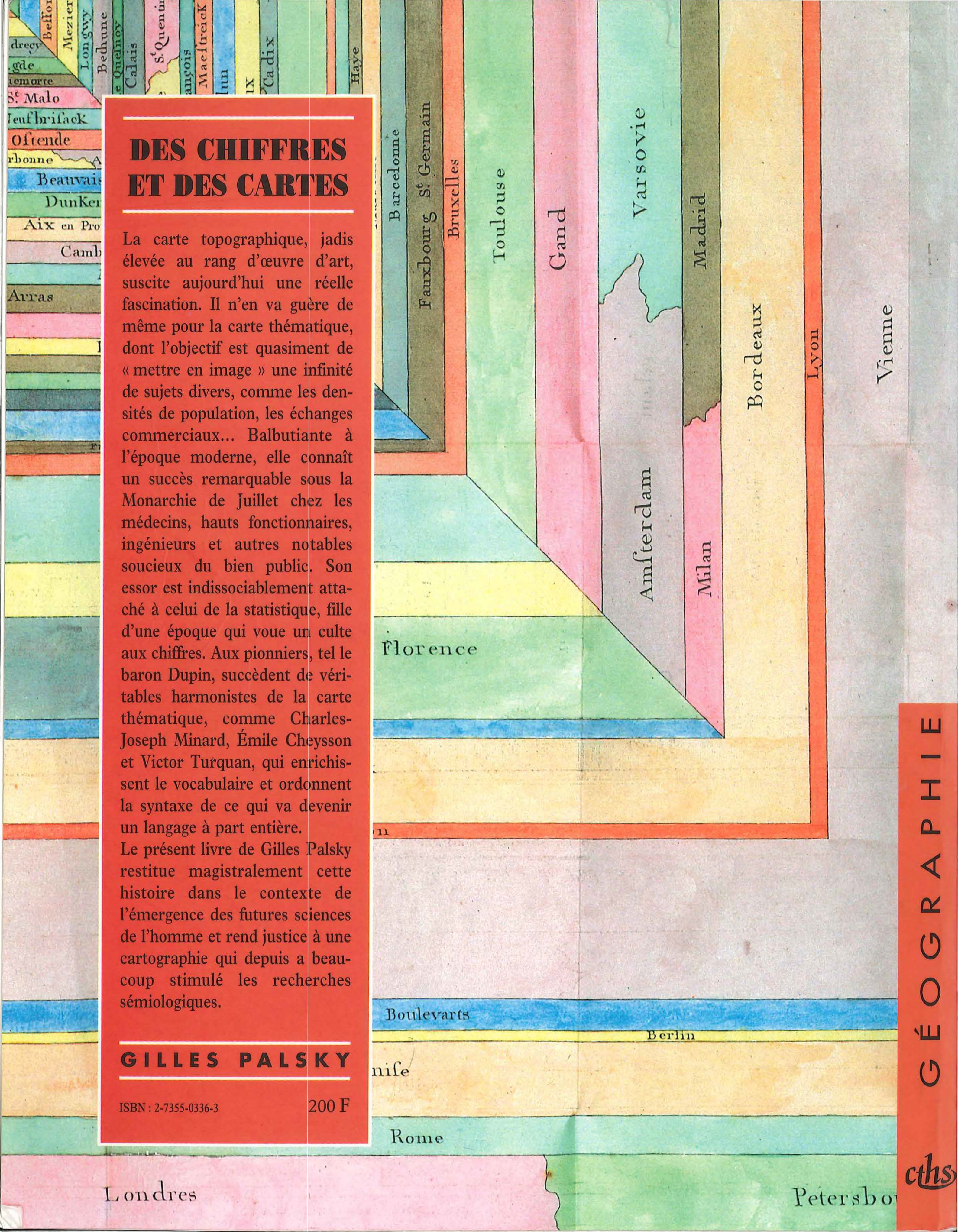
INDEX DES NOMS DE PERSONNES .320

TABLE DES ILLUSTRATIONS .323

ACHEVÉ D'IMPRIMER
SUR PAPIER PERMANENT
EXEMPT DE CHLORE ET FABRIQUÉ
EN MILIEU NEUTRE



PAR LES
ÉDITIONS
LA SIMARRE
À JOUÉ-LÈS-TOURS (FRANCE)
EN JUIN 1996
POUR LE COMPTE
DES ÉDITIONS DU
C.T.H.S.
DÉPÔT LÉGAL :
2e TRIMESTRE 1996.



DES CHIFFRES ET DES CARTES

La carte topographique, jadis élevée au rang d'œuvre d'art, suscite aujourd'hui une réelle fascination. Il n'en va guère de même pour la carte thématique, dont l'objectif est quasiment de « mettre en image » une infinité de sujets divers, comme les densités de population, les échanges commerciaux... Balbutiante à l'époque moderne, elle connaît un succès remarquable sous la Monarchie de Juillet chez les médecins, hauts fonctionnaires, ingénieurs et autres notables soucieux du bien public. Son essor est indissociablement attaché à celui de la statistique, fille d'une époque qui voue un culte aux chiffres. Aux pionniers, tel le baron Dupin, succèdent de véritables harmonistes de la carte thématique, comme Charles-Joseph Minard, Émile Cheysson et Victor Turquan, qui enrichissent le vocabulaire et ordonnent la syntaxe de ce qui va devenir un langage à part entière.
Le présent livre de Gilles Palsky restitue magistralement cette histoire dans le contexte de l'émergence des futures sciences de l'homme et rend justice à une cartographie qui depuis a beaucoup stimulé les recherches sémiologiques.

GILLES PALSKY

ISBN : 2-7355-0336-3 200 F

GÉOGRAPHIE

cths